Postverlagsort Leipzig

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER MITWIRKUNG VON

A. BUTENANDT BERLIN-DAHLEM · P. DEBYE BERLIN-DAHLEM · F. K. DRESCHER-KADEN GÖTTINGEN · H. v. FICKER BERLIN · O. HAHN BERLIN-DAHLEM

M. HARTMANN BERLIN-DAHLEM · F. KÖGL UTRECHT · M. v. LAUE BERLIN · E. v. d. PAHLEN POTSDAM · F. SAUERBRUCH BERLIN

H. SPEMANN FREIBURG I. BR. · H. STILLE BERLIN · F. v. WETTSTEIN BERLIN-DAHLEM

HERAUSGEGEBEN VON

FRITZ SÜFFERT

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

UND

ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

HEFT 14 (SEITE 209—224) **2. APRIL 1937** **25. JAHRGANG**

INHALT:

Energie- und Stoffaustausch an Grenzflächen. Von A. EUCKEN, Göttingen. (Mit 7 Figuren) . . . 209

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN:

Fehlerrechnung bei biologischen Messungen. Von W. SCHÄFER, Frankfurt a. M. 218

Über das Termschema des zweiatomigen Selenmoleküls. Von H. CORDES, Frankfurt a. M. (Mit 1 Figur) 219

BESPRECHUNGEN:

KOHLRAUSCH, F., Praktische Physik. 17. Aufl. Herausgegeben mit 18 Mitarbeitern von F. Henning. (Ref.: E. Regener) 220

Handbuch der experimentellen Pharmakologie. Begründet von A. Heffter, Ergänzungswerk. Herausgegeben von W. Heubner u. J. Schüler. II. Band: M. Kochmann, Narkotica der Fettreihe. (Ref.: O. Ehrismann) 221

WEIR, J., und D. LEITCH, The zonal distribution of the non-marine lamellibranches in the coal measures of Scotland. Transact. roy. Soc. Edinbg. Vol. LVIII, Part. III (Nr. 25) 1935 bis 1936. (Ref.: W. Gothan) 222

KIRCHHEIMER, FR., Grundzüge einer Pflanzenkunde der deutschen Braunkohlen. (Ref.: W. Gothan) 222

Eine Fahrenheit-Biographie. Von O. SCHÖNROCK 223

Vor kurzem erschien:

Chemische Analysen mit dem Polarographen

Von

Dr. **Hans Hohn**

Duisburger Kupferhütte, Abteilung Forschung

Mit 42 Abbildungen im Text und 3 Tafeln. VII, 102 Seiten. 1937. RM 7.50

Bildet Band III der Sammlung

„Anleitungen für die chemische Laboratoriumspraxis“,

herausgegeben von Professor Dr. E. Zintl, Darmstadt

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen wöchentlich und können im In- und Auslande durch jede Sortimentsbuchhandlung oder jede Postanstalt bezogen werden. Preis vierteljährlich RM 9.60. Hierzu treten bei direkter Zustellung unter Kreuzband die Versandspesen bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Einzelpreis dieses Heftes RM 1.— zuzüglich Porto. Die Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, Studierende, ferner Ärzte in nicht vollbezahlter Stellung erhalten die Zeitschrift im Abonnement mit einem Nachlaß von 20%.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 22/24, erbeten.

Anzeigen werden von der Verlagsbuchhandlung angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe erfragen. Letzter Annahme-Termin: 12 Tage vor Erscheinen der betreffenden Nummer.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 22/24
Fernsprecher: 218111.

BEZUGSQUELLEN

ANALYSENWAAGEN

Sartorius-Werke, Aktiengesellschaft, Göttingen

ANTHROPOLOGISCHE GIPSABGÜSSE

Dr. F. Krantz, Bonn, Herwarthstr. 36

METEOROLOGISCHE INSTRUMENTE

R. Fuess, Berlin-Steglitz, Tel. G. 9, Albrecht 1212

MIKROSKOPE

Otto Himmler, Berlin N 24, Oranienburger Str. 65

MIKROSKOPISCHE HILFSMITTEL

Bernhard Halle Nachf., Berlin-Steglitz, Hubertusstraße 11: Polarisations-Optik

MIKROTOME

Sartorius-Werke, Aktiengesellschaft, Göttingen

MINERALIEN UND GESTEINE

Mineralien-Niederlage der Staatl. Sächs. Bergakademie Freiberg/Sa.

OPTIK

J. D. Möller G. m. b. H., Wedel/Holstein

PHYSIKALISCHE APPARATE

Berliner Physikalische Werkstätten G. m. b. H., Berlin W 35, Woyrschstr. 8. Telegrammadr. Physik

SPEKTRALAPPARATE

R. Fuess, Berlin-Steglitz, Tel. G. 9, Albrecht 1212

Bernhard Halle Nachf., Berlin-Steglitz, Hubertusstraße 11: Spektral-Optik für d. sichtb. u. U-V-Gebiet

THEODOLITE

Sartorius-Werke, Aktiengesellschaft, Göttingen

Liesegang
Projektionsapparate und Epidiaskope
Erhältlich in allen Ausführungen u. Preislagen
Ed. Liesegang, Düsseldorf
Postfach
Listen frei!

Zur Zeit ist Anzeigen-Preisliste Nr. 4 gültig!

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

25. Jahrgang | 2. April 1937 | Heft 14

Energie- und Stoffaustausch an Grenzflächen[1].

Von A. EUCKEN, Göttingen.

1. Die Aufgabe, einen *Fachvortrag* vor einem Zuhörerkreise zu halten, welchem nicht nur Chemiker, sondern auch eine Anzahl Ingenieure und Physikochemiker angehören, ist, wenn man sich keinen Illusionen hingeben will, heutzutage schwieriger, als man es in der Regel zuzugeben pflegt.

Diese Schwierigkeit beruht zunächst darauf, daß die Vertreter der drei genannten Fächer sich einer verschiedenen Ausdrucksweise bedienen und sich infolgedessen untereinander nicht ganz leicht verständigen können, ein Übelstand freilich, der typisch ist für die nach einer immer weitergehenden Spezialisierung drängenden Entwicklung sämtlicher Wissenschaften, und dessen Wurzeln daher ziemlich tief hinabreichen. Auf der anderen Seite wird es aber immer deutlicher, daß in Zukunft neue Erfolge sowohl theoretischer wie praktischer Natur in erster Linie durch den *Ausbau der sog. Grenzwissenschaften*, d. h. der zwischen den eigentlichen Hauptfächern liegenden Gebiete zu erwarten sind[2]. Dies ist aber offenbar nur dadurch möglich, daß die verschiedenen Einzelfächer sich zu einer gemeinsamen, auf bestimmte Ziele hin gerichtete Arbeit zusammenschließen. Zu diesem Zwecke muß immer wieder der Versuch gemacht werden, die Schwierigkeiten einer Verständigung zwischen den Einzelfächern, die letzten Endes auf der Verschiedenheit ihrer Methoden und Denkweise beruhen, zu überwinden. Ohne hierauf näher einzugehen, möge nur betont werden, daß der an sich naheliegende Gedanke, die an einer gemeinsamen größeren Aufgabe beteiligten Einzelfächer teilweise miteinander zu verschmelzen, nicht aussichtsvoll erscheint, da auf diese Weise lediglich die Bildung einer neuen Spezialwissenschaft erreicht würde. Vielmehr sollte jedes der in Frage kommenden Einzelfächer im Prinzip durchaus seine Selbständigkeit bewahren und die ihm eigentümlichen Methoden, die sich bisher als erfolgreich erwiesen haben, weiter ausbauen. Doch muß dafür Sorge getragen werden, daß eine Anzahl von Forschern und Praktikern vorhanden ist, welche die verschiedenen „Sprachen" verstehen und welche daher zum mindesten in der Lage sind, die Ergebnisse des einen Faches in die Sprache eines anderen zu übersetzen. Vielleicht wird es sich auch erreichen lassen, daß wenigstens einige von ihnen die Methoden und die Denkweise zweier Fächer so gut beherrschen, daß sie auf beiden produktiv tätig sein können.

Ungewöhnlich schwierig ist nach den bisherigen Erfahrungen insbesondere eine unmittelbare Verständigung zwischen Ingenieur und Chemiker, da deren Methoden und Denkarten von Natur aus besonders tiefgreifende Unterschiede aufweisen. Und doch hat sich gerade hier in neuerer Zeit eine Zusammenarbeit auf dem Gebiete des Chemie-Ingenieurwesens (Verfahrenstechnik) als dringend notwendig erwiesen. Jeder Vorschlag, der diesem Ziele förderlich sein kann, bedarf daher einer gewissenhaften Prüfung.

Eine Möglichkeit hierzu besteht darin, ein von Natur zwischen der Chemie und der Ingenieurwissenschaft liegendes Fach, nämlich die *physikalische Chemie* bzw. chemische Physik, als Vermittlerin einzuschalten. Sie ist zwar hinsichtlich ihrer gesamten Denk- und Arbeitsweise vollkommen in der Physik verwurzelt[1], trotzdem führt zweifellos eine größere Anzahl Fäden von der physikalischen Chemie sowohl zur Chemie wie zur Ingenieurwissenschaft, als unmittelbar von der Chemie zur Ingenieurwissenschaft. Vor allem erfüllt sie eine nützliche Aufgabe, wenn es ihr gelingt, mit den ihr eigentümlichen Methoden ein tieferes (z. B. molekularphysikalisches) Verständnis für solche technisch wichtigen Vorgänge herbeizuführen, die sowohl für den Chemiker wie auch für den Ingenieur von Bedeutung sind.

In den folgenden Ausführungen soll nun der Versuch gemacht werden, an einigen (freilich verhältnismäßig einfachen) Beispielen zu zeigen, wie die physikalische Chemie tatsächlich in manchen Fällen in der Lage ist, eine Brücke zwischen dem Ingenieurfach und der Chemie zu schlagen. Hierzu möge das Thema „Energie- und Stoffaustausch an Grenzflächen" gewählt werden. An Fragen des Energieaustausches ist vor allem die Ingenieurwissenschaft interessiert, während Probleme des Stoffaustausches vorzugsweise in das Gebiet der Chemie hineinfallen. Einen tieferen Einblick in das Zustandekommen des Energie- und Stoffaustausches an Grenzflächen gewinnt man indessen unter Hinzunahme typischer physikalisch-chemischer Betrachtungen besser, wenn man die beiden

[1] Nach einem am 10. Dezember 1936 gehaltenen Vortrag vor dem Bezirksverein Frankfurt a. M. des Vereins Deutscher Chemiker.

[2] Vgl. hierzu insbesondere R. PLANK, Vortrag auf der Hauptversammlung des Deutschen Kältevereins 1936 in Karlsruhe (abgedruckt im Sonderheft, herausgegeben anläßlich der 74. Hauptversammlung des VDI., S. 351).

[1] Allein schon aus diesem Grunde sollte man ihr prinzipiell eine selbständige Stellung sowohl gegenüber der Chemie als auch der Ingenieurwissenschaft zubilligen und sie nicht ohne weiteres als eine bloße „Hilfswissenschaft" dieser beiden Fächer ansehen. Näheres hierzu in einem demnächst in den Beiheften „Verfahrenstechnik" zur VDI-Ztschr. erscheinenden Aufsatz.

Teilprobleme nicht allzu scharf voneinander abtrennt, sondern wenn man das Thema im wesentlichen als ein einheitlich zu behandelndes Gesamtproblem auffaßt.

2. Vor einigen Jahren nahm E. SCHMIDT gemeinsam mit zwei Mitarbeitern das *Problem der Kondensation von Wasserdampf an gekühlten Flächen*, das bis dahin merkwürdigerweise noch nicht als restlos geklärt angesehen werden konnte, durch Ausführung einer umfangreichen und mit besonderer Sorgfalt angestellten Experimentalarbeit erneut in Angriff[1]. Die benutzte Versuchsanordnung ist auf Fig. 1 schematisch dargestellt.

Die Kondensation findet an der gekühlten kreisförmigen Kupferplatte *e* statt, welche das von sehr schwach überhitztem Wasserdampf durchströmte Gefäß *a* rechts begrenzt. Die Kühlung der Kupferplatte wird von rückwärts her durch Wasser von etwa 20° bewirkt, welches zunächst als dünner Strahl zentral auf die Platte auftrifft und dann radial in dünner Schicht nach außen abfließt. Mißt

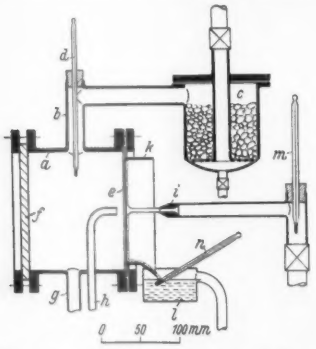


Fig. 1. Versuchsanordnung von SCHMIDT, SCHURIG und SELLSCHOPP zur Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten bei der Wasserdampfkondensation. *a* Rohrstück; *b* Rohr; *c* Dampfreiniger; *d* Quecksilberthermometer; *e* Kupferplatte; *f* Glasscheibe; *g* Abflußrohr; *h* Entlüftungsrohr; *i* Düse; *k* Abfangring; *l* Gefäß; *m*, *n* Quecksilberthermometer.

man die Temperatur des Kühlwassers beim Eintritt T_e und Austritt T_a, so ergibt sich hieraus und aus dessen Strömungsgeschwindigkeit $\dot{\zeta}$ (Zahl der Kilogramm pro Sekunde) zunächst die durch die Kupferplatte pro Zeiteinheit transportierte Wärmemenge: $\dot{Q} = \dot{\zeta}(T_a - T_e)$ und hieraus unmittelbar durch Reduktion auf die Flächeneinheit und die Temperaturdifferenz eins die sog. *Wärmeübergangszahl*

$$\alpha = \frac{\dot{Q}}{F \Delta T} = \frac{\dot{Q}}{F(T_d - T_p)}, \qquad (1)$$

wobei T_d die Dampftemperatur, $T_p = \frac{T_e + T_a}{2}$ die mittlere Temperatur des Kühlwassers bedeutet.

[1] E. SCHMIDT, W. SCHURIG u. W. SELLSCHOPP, Techn. Mech. Thermodyn. 1, H. 2 (1930).

Das Bemerkenswerte des von SCHMIDT und Mitarbeitern erhaltenen Ergebnisses besteht nun darin, daß für die Wärmeübergangszahl erheblich verschiedene Werte erhalten wurden, je nachdem das

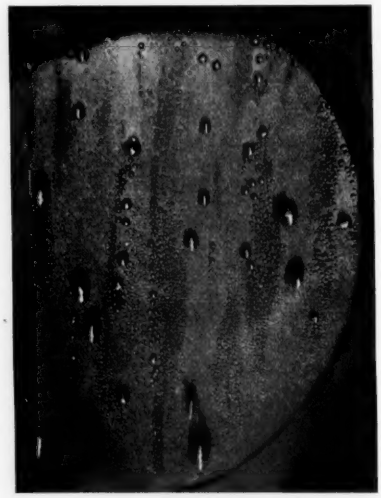


Fig. 2. Photographie der Kühlplatte bei Tropfenkondensation.

Fig. 3. Photographie der Kühlplatte bei teilweiser Filmkondensation (untere Hälfte).

Kondensat sich in Gestalt von einzelnen Tropfen auf der Platte niederschlug (Fig. 2) oder in Gestalt eines zusammenhängenden Filmes (Fig. 3). Im ersteren Falle war die Wärmeübergangszahl etwa von der Größe 1 $\frac{\text{cal}}{\text{qcm} \cdot \text{sec} \cdot \text{Grad}}$, im letzteren

betrug sie etwa 0,1 $\frac{\text{cal}}{\text{qcm} \cdot \text{sec} \cdot \text{Grad}}$[1]. Es zeigt sich somit überraschenderweise, daß bei Ausbildung der Tropfenkondensation, also für den Fall, daß die Flüssigkeit die Platte nicht benetzt, eine erheblich größere Dampfmenge kondensiert wird, als bei der Kondensation in Gestalt eines zusammenhängenden Films.

Die für die Filmkondensation erhaltene Zahl ist durchaus plausibel, indem man dem Flüssigkeitsfilm einen relativ hohen Wärmewiderstand zuschreibt, der von dem geringen Wärmeleitvermögen des flüssigen Wassers $\left(\lambda \simeq 0{,}001 \frac{\text{cal}}{\text{cm} \cdot \text{sec} \cdot \text{Grad}}\right)$ herrührt. Bedeutet nämlich Δx die Dicke des Wasserfilms, so muß nach der Grundgleichung für den stationären Wärmefluß:

$$\dot{Q} = \lambda \cdot F \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

gelten. So ergibt sich unter Berücksichtigung von Gl. (1) für die Dicke der Wasserschicht

$$\Delta x = \frac{\lambda}{\alpha} = \frac{0{,}001}{0{,}1} = 0{,}01 \text{ cm},$$

also ein Wert, welcher durchaus die zu erwartende Größenordnung hat.

Um das Zustandekommen des 10mal höheren α-Wertes bei der Tropfenkondensation zu verstehen, ist es zweckmäßig, sich zunächst zu vergegenwärtigen, wie groß der Wärmeübergang im Grenzfall sein könnte, wenn sämtliche auf die Kühlfläche in einer Sekunde gelangenden H_2O-Molekeln ($\dot{n}$) sich dort kondensieren würden. Letztere Zahl beträgt (in Molen gerechnet) nach einer bekannten Formel der kinetischen Gastheorie:

$$\dot{n} = \frac{\overline{w}}{4} \cdot c,$$

wenn $\overline{w}$ die mittlere Molekulargeschwindigkeit des H_2O-Dampfes bei 100°, c die Konzentration (Mol/ccm) bedeuten. Da

$$c = \frac{p}{RT} = \frac{1}{82{,}1 \cdot 373} = 3{,}27 \cdot 10^{-5},$$

$$\overline{w} = 66000 \frac{\text{cm}}{\text{sec}},$$

folgt

$$\dot{n} = 0{,}54 \frac{\text{Mol}}{\text{qcm} \cdot \text{sec}}.$$

Verwendet man nunmehr für die molekulare Verdampfungswärme den abgerundeten Wert $L = 10000$ cal, so folgt $\frac{\dot{Q}}{F} \simeq 5400 \frac{\text{cal}}{\text{qcm} \cdot \text{sec}}$. Da bei den Versuchen von SCHMIDT, SCHURIG und SELLSCHOPP die Temperaturdifferenz zwischen Dampf und Kühlplatte 20—50°, im Durchschnitt etwa 30° betrug, ergibt sich (mit $\alpha \cong 1$) $\frac{\dot{Q}}{F} \simeq 30$, also ein etwa 100—200mal kleinerer Wert als der berechnete Maximalwert, d. h. *auch bei der Tropfenkondensation werden nur etwa $^1/_2$—1 % aller auftreffenden Dampfmolekeln als Flüssigkeit niedergeschlagen.*

Die voranstehende Betrachtung führt offenbar zu dem Schluß, daß der Wasserdampf sich auch im Falle der Tropfenkondensation nur auf einem kleinen Teil der Oberfläche der Kühlplatte unmittelbar (ohne Zwischenschaltung einer schlecht leitenden Schicht) niederschlägt, während auf dem größeren Teil der Oberfläche der Kühlfläche keine Kondensation in merklichem Umfange stattfindet, d. h. hier werden praktisch sämtliche auftreffenden Dampfmolekeln reflektiert. Diese Auffassung befindet sich nun mit unseren sonstigen Vorstellungen und Erfahrungen über die Vorgänge an Grenzflächen gut im Einklang:

Nach diesen hat man sich vorzustellen, daß der erste Schritt der Verdichtung des Dampfes, das „Einfangen" einzelner Wasserdampfmolekeln, durch die etwas kältere Grenzfläche in einer *Adsorption* derselben besteht, d. h. es bildet sich im ersten Augenblick eine adsorbierte Wasserschicht, der man nach den sonstigen Erfahrungen auf dem Gebiete der Adsorption die Dicke einer einzigen Molekülschicht zuschreiben muß[1]. Diese monomolekulare Schicht ist aber, da ja ihre Temperatur etwas unterhalb der des bereits gesättigten Dampfes liegt, gegenüber normalem flüssigem Wasser übersättigt; in ihr bilden sich daher (analog wie in einer übersättigten Lösung) hin und wieder „Keime", die in diesem Falle aus äußerst kleinen Tropfen bestehen. In unmittelbarer Nähe dieser Tröpfchen ist die monomolekulare Flüssigkeitsschicht selbstverständlich nicht mehr übersättigt, infolgedessen ist die Dichte (Oberflächenkonzentration) der Schicht hier etwas geringer als in einiger Entfernung von den Tröpfchen. Ein derartiges Konzentrationsgefälle hat aber, ebenfalls in voller Analogie zu Lösungen, einen von der übersättigten Oberflächenschicht zu den Tröpfchen hin gerichteten Massentransport zur Folge, der letzten Endes durch die thermische Bewegung der Molekeln bedingt ist und den man bei dreidimensionalen Gebilden als Diffusion schlechthin, bei monomolekularen Grenzschichten als *Oberflächendiffusion* zu bezeichnen pflegt.

Auf das Vorhandensein einer Oberflächendiffusion wurden zuerst VOLMER und ESTERMANN aufmerksam[2], als sie das Wachstum von hexagonalen (blättchenförmigen) Hg-Kristallen in (sehr verdünntem) gesättigtem Hg-Dampf verfolgten. Es zeigte sich nämlich, daß die Oberfläche der Blättchen nach der Seite hin viel rascher wächst als nach der Höhe. Da eine Absolutberechnung ergab, daß den Seitenflächen sogar *mehr* Molekeln zugeführt wurden, als auf sie aus dem Gasraum auftrafen, blieb nur der Schluß übrig, daß ein großer Teil der Molekeln zunächst von den Grundflächen eingefangen wird, daß sie aber hier nicht sofort in das Kristallgitter eingebaut werden, sondern zunächst

[1] Bei diesen Zahlen ist bereits umgerechnet auf den Wärmeübergang Dampf-Kupferplatte, d. h. die Wärmeübergangszahl Kupferplatte-Kühlwasser, die durch besondere Versuche ermittelt wurde, ist in Abzug gebracht.

[1] Vgl. hierzu insbesondere I. LANGMUIR, J. amer. chem. Soc. **40**, 1390 (1918).

[2] Z. Physik **7**, 13 (1921).

eine Zeitlang beweglich bleiben, so daß ein großer Teil von ihnen zu den Seitenflächen gelangen kann.

Etwas eingehender wurde das Phänomen der Oberflächendiffusion später zunächst von VOLMER und ADHIKARI weiter verfolgt[1]. Die Versuche wurden in der Weise ausgeführt, daß sehr dünne und schmale rechteckige Glasplättchen mit einer Schicht von festem Benzophenon überzogen wurden; am Rande wurde diese Benzophenonschicht auf einer Breite von etwa 0,03 mm entfernt. Die dieser Stelle benachbarte Kante wurde nun mit strömendem Quecksilber in Berührung gebracht, auf welchem das Benzophenon zunächst adsorbiert und dann (durch die Strömung) entfernt wurde. Gemessen wurde nun die Gewichtsabnahme der Glasplättchen nach einer Versuchsdauer von einigen Stunden; es ergab sich, daß über die von Benzophenon befreite Stelle eine wenn auch kleine, aber doch (mittels

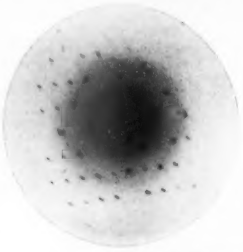


Fig. 4. Elektronenbeugungsbild einer monomolekularen Paraffinschicht auf einem Cellulosefilm.

einer Mikrowaage) hinreichend genau bestimmbare Benzophenonmenge von größenordnungsmäßig 10^{-6} g zu dem Quecksilber hinüber gewandert war. Die gefundenen Meßergebnisse gestatteten sogar, die ungefähre Größe des „Oberflächendiffusionskoeffizienten" sowie die auf die Molekeln bei ihrer Bewegung ausgeübte Reibungskraft zu berechnen (letztere erwies sich als 100mal kleiner als die durchschnittlich auf gelöste Molekeln wirksame Reibungskraft), doch sind diese Angaben für das vorliegende Problem nur von sekundärem Interesse; von Bedeutung ist für dieses lediglich die *Feststellung, daß zwar eine merkliche Oberflächendiffusion existiert, daß aber der Absolutbetrag der durch sie transportierten Substanzmenge außerordentlich gering ist.*

Eine andere Methode zum Nachweis der Oberflächendiffusion und zur Ermittlung des Oberflächendiffusionskoeffizienten wurde kürzlich von H. MARK angegeben[2]. Eine sehr dünne kreisförmige Folie aus Metall (Gold) oder Cellulose wurde in einer entsprechenden Öffnung eines erheblich größeren dicken kreisförmigen Messingbleches befestigt, an welches sich unmittelbar ein Messingblechstreifen von einigen Zentimeter Länge anschloß. Die Oberflächenbeschaffenheit der dünnen Folie wurde nun durch Elektronenbeugungsaufnahmen verfolgt. Zunächst (bei völlig reiner Oberfläche) ergaben sich die für das Folienmaterial charakteristischen Bilder. Brachte man nun auf den Messingblechstreifen in einiger Entfernung von der Folie eine kleine Menge eines höheren Kohlenwasserstoffes (Paraffin) oder einer Fettsäure (Stearinsäure), so änderte sich das Elektronenbeugungsbild nach und nach, indem sich die für eine geordnete monomolekulare Schicht einer derartigen Substanz charakteristischen Interferenzpunkte ausbildeten[1]. Als Beispiel für ein derartiges Bild diene Fig. 4, welche außer den von dem adsorbierten Paraffin herrührenden Punkten noch deutlich die verschwommenen Interferenzringe der Cellulosefolie erkennen läßt. Numerische, mittels dieser Methode gewonnene Angaben über die Größe der Oberflächendiffusionskoeffizienten, die sich mit den Ergebnissen VOLMERS und ADHIKARIS unmittelbar vergleichen ließen, liegen zur Zeit noch nicht vor; trotzdem sind die geschilderten Versuche als Ergänzung der VOLMERschen und zur Veranschaulichung des Phänomens der Oberfächendiffusion recht beachtenswert.

Vereinigt man nun die im vorangehenden kurz besprochenen Ergebnisse, so gelangt man zu folgendem *Gesamtbilde über das Zustandekommen der relativ hohen Wärmedurchgangszahl bei der Tropfenkondensation*: Aus der zunächst gebildeten übersättigten Adsorptionsschicht bilden sich hin und wieder an einzelnen Stellen sehr kleine Tröpfchen, die allmählich wachsen, indem sie von der übersättigten (größtenteils mit dem Dampf im Gleichgewicht befindlichen) adsorbierten Oberflächenschicht her durch Oberflächendiffusion gespeist werden. Freilich können die Bezirke in der Umgebung der Tropfen, in welchen sich die Oberflächendiffusion geltend macht, wo also ein merkliches Gefälle der Oberflächenkonzentration $\left(\frac{\text{Molzahl}}{\text{qcm}}\right)$ herrscht, nach den Ergebnissen von VOLMER und ADHIKARI nur recht klein (höchstens von der Größenordnung 0,001 bis 0,01 mm) sein. Da in diesen naturgemäß die Oberflächenschicht sich nicht mit dem Dampf im Gleichgewicht befindet, wird hier offenbar die Hauptmenge des Dampfes niedergeschlagen. Schematisch wird das so zu gewinnende Bild durch Fig. 5 veranschaulicht, auf welchem die (stark übertriebene) Dicke der Oberflächenschicht ein Maß für die Übersättigung, die

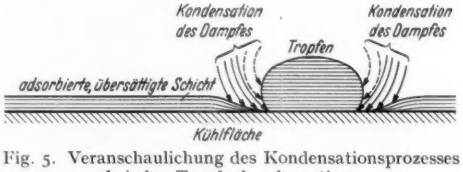


Fig. 5. Veranschaulichung des Kondensationsprozesses bei der Tropfenkondensation.

ausgezogenen Pfeile die Stellen andeuten sollen, an denen hauptsächlich die Kondensation stattfindet. Es ist aber anzunehmen, daß an den mit punktierten Pfeilen bezeichneten Stellen, also an den Tropfen selbst, in unmittelbarer Nähe der Ränder gleichfalls noch eine merkliche Kondensation stattfindet, denn erstens ist an diesen Stellen die Wärmeableitung an die Kühlplatte noch relativ gut, und zweitens muß hier noch ein Kühleffekt durch die Aufnahme des adsorbierten

[1] Z. physik. Chem. **119**, 46 (1925).

[2] H. MARK u. H. MOTZ, Vortrag auf dem Internationalen Chemieingenieurkongreß, London 1936 (Sektion M, Nr. 1).

[1] Vgl. hierzu H. MOTZ u. J. J. TRILLAT, Z. Kristallographie (A) **91**, 248 (1935).

Wassers auftreten, da nach den bisherigen Erfahrungen die Adsorptionswärme des Wassers an Metallflächen größer sein wird als die Kondensationswärme[1].

Es ergibt sich aus dem Vorangehenden, daß es zur Erzielung eines möglichst großen Kondensationseffektes und damit einer möglichst hohen Wärmeübergangszahl zwischen dem gesättigten Dampf und einer Kühlfläche vorteilhaft wäre, die Zahl der jeweils vorhandenen Tropfen nach Möglichkeit zu vermehren, dabei aber ihre Größe möglichst gering zu halten, so daß ein relativ großer Teil der Oberfläche (etwa 50—80%) gleichzeitig von sehr kleinen Tröpfchen bedeckt wäre.

Es erscheint nicht ausgeschlossen, daß etwas Derartiges durch die Wahl eines geeigneten Materials der Kühlplatte (vielleicht einer sehr feinkörnigen zweiphasigen Legierung) erreichbar ist; allerdings ist es fraglich, ob dies zu einer nennenswerten Verbesserung der in Frage kommenden Apparaturen (z. B. Abdampfkessel mit Dampfheizung) führen würde, da es bei diesen ja auf die gesamte Wärmedurchgangszahl ankommt (vom Dampf bis zu der zu erwärmenden Flüssigkeit hin) und naturgemäß eine Erhöhung der Wärmedurchgangszahl auf der Seite Dampf-Heizplatte wenig nützt, wenn gleichzeitig die Wärmedurchgangszahl durch die Heizplatte selbst sowie die der Übergangsschicht Metallplatte—zu erwärmende Flüssigkeit an bestimmte Grenzen gebunden ist.

3. In einem gewissen Zusammenhang mit dem voranstehend besprochenen Thema steht eine bei tiefen Temperaturen und bei sehr starker Verdünnung des Dampfes sich abspielende Erscheinung, bei welcher aber im Gegensatz zu ersterer *nicht der Energieaustausch, sondern der stoffliche Austausch* an einer Grenzfläche die Hauptrolle spielt. Es handelt sich um die zuerst von M. KNUDSEN gemachte Beobachtung[2], daß sich Quecksilberdampf von einer Dichte, die dem Dampfdruck bei Zimmertemperatur entspricht, an einer gekühlten Glaswand erst bei —140° C zu kondensieren beginnt. Bei höherer Temperatur, z. B. der Temperatur der festen Kohlensäure, findet überhaupt keine Kondensation statt, obgleich hier der Sättigungsdruck bereits etwa 10^{-5}mal kleiner ist als der tatsächliche Gasdruck. Die Temperatur, bei welcher die Kondensation ziemlich scharf einsetzt, pflegt man als *kritische Kondensationstemperatur* zu bezeichnen. Ob dieser Ausdruck sonderlich glücklich gewählt ist, bleibe dahingestellt[3], denn sie hängt nicht allein von dem Material der Unterlage ab, sondern auch von der jeweiligen Dichte des Dampfes. In einer neueren Arbeit stellen sogar einige russische Forscher[1] in Abrede, daß selbst unter genau festgelegten Versuchsbedingungen eine wirklich scharfe Temperaturgrenze existiert, oberhalb welcher keine Kondensation mehr eintritt. Vielmehr fanden sie, daß bei hinreichend langer Versuchsdauer auch noch oberhalb einer Temperatur, die man bis dahin als die kritische ansah, noch eine Kondensation nachweisbar ist. Auf alle Fälle bleibt aber die Tatsache bestehen, daß bei der Kondensation von verdünnten Metalldämpfen an Glasflächen (auch an anderen Stoffen, wie Naphthalin, Schwefel, sogar an Metallen) sehr starke Übersättigungen auftreten.

Bei den neueren Experimentalarbeiten[2] über dieses Problem pflegte man nun nicht mehr die Kühlfläche von übersättigtem Dampf bespülen zu lassen, sondern erzeugte einen Molekularstrahl (meist gelangte hierbei das relativ leichtflüchtige Cadmium als Versuchssubstanz zur Verwendung), den man auf die Kühlfläche aufprallen ließ. Die gesamte Anordnung zur Erzeugung der Molekularstrahlen (Temperatur des „Ofens" bzw. Dampfdruck in demselben, Größe der Öffnung und der Blenden) gestattet nun unmittelbar die Zahl der pro Sekunde auf die Kühlfläche aufprallenden Molekeln ($\dot{N}_a$) zu berechnen, so daß man auf Grund einer bekannten gaskinetischen Formel:

$$\dot{N}_a = \frac{p_{gl}}{\sqrt{2\pi m k T}} \qquad (2)$$

(m Masse Molekel, k BOLTZMANNsche Konstante) unmittelbar den äquivalenten Gleichgewichtsdruck p_{gl} angeben kann.

Von dem auf diese Weise erhaltenen Ergebnisse sei hier nur eine von ESTERMANN erhaltene Tabelle wiedergegeben.

Tabelle 1. Kritische Kondensationstemperaturen von Cadmiumdampf auf verschiedenen Unterlagen.

Material der Kühlfläche	Dampfdruck im Ofen (mm)	T_{kr} (abs.)	p_{gl} (mm) · 10^3
Glas . . .	0,008	166	13
	0,03	187	48
	0,07	210	121
Kupfer .	0,008	162	13
	0,019	180	31
	0,03	190	50
Silber . .	0,008	187	13
	0,019	199	33
	0,03	207	52

Der nächstliegende Erklärungsversuch der Existenz einer immerhin einigermaßen scharf angebbaren kritischen Kondensationstemperatur

[1] Vgl. hierzu auch S. 215, Spalte 1.

[2] Ann. Physik **50**, 472 (1916); vgl. auch WOOD, Philosophic. Mag. **32**, 364 (1916).

[3] R. FRAZER schlägt in seiner Monographie Molecular Rays (Cambridge 1931) die Bezeichnung „Übergangstemperatur" (transition temperature) vor, die indessen gleichfalls nicht restlos befriedigend ist.

[1] M. GEN, M. LEBEDINSKY u. O. LEIPUNSKY, Physik. Z. Sowjetunion **1**, 571 (1932).

[2] CHARITON u. SEMENOFF, Z. Physik **25**, 287 (1924). — ESTERMANN, Z. Elektrochem. **31**, 441 (1925). — COCROFT, Proc. roy. Soc. Lond. A **119**, 293 (1928). — GEN, LEBEDINSKY u. LEIPUNSKY, Z. Physik Sowjetunion **1**, 571 (1932). — GEN, ZELMANOFF u. SCHALNIKOFF, Z. Physik Sowjetunion **4**, 825 (1933).

besteht in der Annahme, daß die aufprallenden Molekeln oberhalb dieser Temperatur sämtlich reflektiert, unterhalb derselben festgehalten werden. Doch wird diese Annahme sofort durch die Tatsache widerlegt, daß die kritische Temperatur dann nicht von der Strahldichte bzw. von p_{gl} abhängig sein dürfte. Gerade diese Abhängigkeit weist bereits darauf hin, daß auch in diesem Falle zunächst eine adsorbierte Schicht entsteht, derart, daß nach der Vorstellung I. LANGMUIRS[1] *ein großer Teil der aufprallenden Molekeln eine gewisse Zeit* (die man als mittlere Verweilzeit bezeichnet) *festgehalten wird und dann wieder verdampft.* Indessen wird diese Auffassung auch noch durch weitere experimentelle Ergebnisse sichergestellt, vor allem durch die Tatsache, daß ein Molekularstrahl in der Regel (außer bei sehr schwer kondensierbaren Gasen) oberhalb der kritischen Kondensationstemperatur auch an guten Spaltflächen von Kristallen nicht spiegelnd, sondern *diffus* reflektiert wird[2]. Falls man annehmen kann, daß die Oberfläche nur zu einem kleinen Bruchteil von Molekeln bedeckt ist, läßt sich leicht zeigen, daß zwischen der stationären Oberflächenkonzentration $\mathfrak{c}_M \left(\frac{\text{Molekeln}}{\text{qcm}}\right)$ der mittleren Verweilzeit (τ) und der Zahl der pro Zeiteinheit aus dem Gasraum eintreffenden Molekeln $\dot{N}_a$ (bzw. der Zahl der verdampfenden Molekeln $\dot{N}_v$) die einfache Beziehung gelten muß:

$$\dot{N}_a = \dot{N}_v = \frac{\mathfrak{c}_M}{\tau}. \qquad (3)$$

Aus dieser adsorbierten Schicht können sich nun Kristallkeime bilden, wozu aber, wie die Erfahrung lehrt, ein (thermodynamisch betrachtet) sehr erheblicher Übersättigungsgrad erforderlich ist[3], d. h. effektiv ist die Keimbildung stark gehemmt.

Auf eine Wiedergabe der bisherigen Versuche, eine vollständige Theorie dieser Keimbildungsgeschwindigkeit aus stark übersättigten Oberflächenschichten und weiterhin das Auftreten einer annähernd scharfen kritischen Kondensationstemperatur zu entwickeln[4], möge hier Abstand genommen werden, zumal diese zur Zeit noch nicht als restlos befriedigend bezeichnet werden können. Doch möge wenigstens auf einige charakteristische Merkmale hingewiesen werden. Für das Auftreten scheinbar stabiler aber trotzdem stark übersättigter Oberflächenschichten (etwas oberhalb der kritischen Kondensationstemperatur bzw. unterhalb p_{gl}) ist in erster Linie die Annahme erforderlich, daß diese Schichten *außerordentlich verdünnt* sind, daß also $\mathfrak{c}_M$ oder, wenn man $\dot{N}_a$ als gegeben ansieht, daß die Verweilzeit τ sehr klein sein muß. Denn die notwendige Grundbedingung für die Bildung eines Keimes besteht unter allen Umständen darin, daß mehrere (mindestens zwei) Molekeln miteinander zusammenstoßen; sind diese zu einer Keimbildung führenden Zusammenstöße sehr selten, was bei äußerst geringen Oberflächenkonzentrationen der Fall sein muß, so hat man damit zu rechnen, daß die wenigen gebildeten Keime nach einiger Zeit wieder in ihre Bestandteile dissoziieren, wenn ihnen vorher nicht weitere Molekeln zugeführt werden, die zu ihrer Stabilisierung beitragen. Zwar liegen bisher noch keine Versuche vor, die Oberflächenkonzentration in solchen Fällen direkt zu bestimmen, doch läßt sich indirekt zeigen, daß sie tatsächlich nur sehr klein sein kann[1]. ESTERMANN hat nämlich durch Anwendung der CLAUSIUS-CLAPEYRONschen Gleichung auf die bei verschiedenen Temperaturen bestimmten p_{gl}-Werte die Adsorptionswärme (W_a) zu bestimmen versucht[2] und hierbei Werte zwischen 2 und 4 kcal gefunden, die als außerordentlich niedrig angesprochen werden müssen[3]. Obgleich es nun bei dem Stande unserer gegenwärtigen Kenntnisse noch nicht mög-

[1] I. LANGMUIR, J. amer. chem. Soc. **40**, 1390 (1918).

[2] Vgl. hierzu M. KNUDSEN, Ann. Physik **48**, 113 (1915), sowie insbesondere J. B. TAYLOR, Physic. Rev. **35**, 375 (1930).

[3] Der Übersättigungsgrad wird numerisch zutreffend ausgedrückt durch die maximale Nutzarbeit A_n, welche bei der Verwandlung des labilen Zustandes (adsorbierte Schicht) in den stabilen Zustand (Bildung eines sichtbaren, kristallisierten Metallniederschlages) mit dem normalen Dampfdruck p_s zu gewinnen ist:

$$A_n = RT \ln \frac{p_{gl}}{p_s}.$$

Bei den kritischen Kondensationserscheinungen an Metallen ist das Verhältnis $\frac{p_{gl}}{p_s}$ von der Größenordnung 10^{10}.

[4] FRENKEL, Z. Physik **26**, 117 (1924). — SEMENOFF, Z. physik. Chem. B **7**, 471 (1930). — N. FUCHS, Physik. Z. Sowjetunion **4**, 481 (1933). — BRAGG u. WILLIAMS, Proc. roy. Soc. Lond. A **145**, 699 (1934); **151**, 540 (1935). — WILLIAMS, Proc. roy. Soc. Lond. A **152**, 231 (1935). — BETHE, Proc. roy. Soc. Lond. A **150**, 552 (1935). — B. H. FOWLER, Proc. Cambridge philos. Soc. **32**, 144 (1936).

[1] CLAUSING [Physica **8**, 289 (1928)] beschreibt eine bemerkenswerte Versuchsanordnung, mit der an Stelle der Oberflächenkonzentration die mit ihr zufolge (3) in einem engen Zusammenhang stehende Verweilzeit τ direkt bestimmt werden kann, falls diese größer als etwa 10^{-6} sec ist. Die Anordnung beruht darauf, daß man einen Molekularstrahl durch eine stark gekühlte schlitzförmige Blende auf eine erwärmte rasch rotierende Scheibe aufprallen und an ihr adsorbieren läßt; die von ihr wieder verdampfenden Molekeln werden links und rechts des Schlitzes kondensiert; dabei verschiebt sich die Hauptmenge um so mehr in der Drehrichtung der Scheibe, je größer die Verweilzeit ist. Bei Verwendung eines Cadmium-Molekularstrahls fand CLAUSING, daß τ *stets kleiner als* 10^{-6} *sein muß*, wenn die Oberfläche der Scheibe aus Kupfer, Glas, Glimmer od. dgl. besteht und ihre Temperatur auf etwa $-80°$ C gehalten wird.

[2] Freilich ist diese Berechnungsart nur zulässig, wenn man annimmt, daß den von ESTERMANN bestimmten p_{gl}-Werten die gleiche Oberflächenkonzentration zugeordnet ist, was wahrscheinlich nicht genau der Fall ist, immerhin aber annähernd richtig sein kann.

[3] COCKCROFT, Proc. roy. Soc. Lond. **119**, 293 (1928), fand einen etwas höheren Wert (5,5 kcal) für Cd-Dampf an Cu.

lich ist, allein aus der Adsorptionswärme die Oberflächenkonzentration bzw. das Verhältnis $\frac{p_{gl}}{c}$ exakt zu berechnen, dürfte doch eine Abschätzung mittels der Formel:

$$\log_{10} \frac{p_{gl}}{c} = -\frac{W_a}{4{,}573\,T} + B$$

zulässig sein, indem man den Wert der Konstanten B aus Messungen an Adsorptionsgleichgewichten entnimmt, bei denen sowohl das Verhältnis $\frac{p_{gl}}{c}$ wie W_a ermittelt wurden. Nach diesen besitzt B etwa den Wert 16,0, wenn man p_{gl} in mm Hg und c in $\frac{\text{Mol}}{\text{qcm}}$ ausdrückt. Für c erhält man dann bei den in der Tabelle 1 angegebenen Beispielen etwa den Wert $2{,}2 \cdot 10^{-14}\ \frac{\text{Mol}}{\text{qcm}}$, bzw. $1{,}3 \cdot 10^{10}\ \frac{\text{Molekeln}}{\text{qcm}}$, für τ $3 \cdot 10^{-9}$ sec. Beachtet man, daß bei einer Schicht, bei welcher die gesamte Oberfläche vollständig mit adsorbierten Molekeln bedeckt ist, c_M etwa $10^{15}\ \frac{\text{Molekeln}}{\text{qcm}}$ beträgt, so erkennt man, daß die *Oberflächenkonzentration in den obigen Fällen in der Tat außerordentlich gering* ist.

Die hier gefundenen Ergebnisse sind insofern bemerkenswert, als sie sich von den sonst als typisch anzusehenden Beispielen für Adsorptionserscheinungen (z. B. bei der Adsorption von Gasen und Dämpfen auf Holzkohle) in einem charakteristischen Punkte unterscheiden: Bei letzteren sind die Adsorptionsdrucke erheblich kleiner als die Dampfdrucke der reinen Substanzen, dementsprechend pflegt die Adsorptionswärme erheblich größer zu sein als die Verdampfungswärme. Hier aber sind umgekehrt die Adsorptionsdrucke p_{gl} um viele Zehnerpotenzen größer als die Dampfdrucke, und die Adsorptionswärmen sind 5—7mal kleiner als die Verdampfungswärmen. Vom Standpunkt der bisher vorliegenden Theorien der Adsorption, nach denen die Adsorptionswärme etwa (größenordnungsmäßig) der Hälfte des geometrischen Mittelwertes aus der Verdampfungswärme des Adsorbens und des Adsorbates gleichzusetzen ist[1], kann dieses Ergebnis nur so gedeutet werden, daß hier die Adsorption gar nicht an dem eigentlichen (schwerflüchtigen) Unterlagematerial, sondern an einer auf diesem absorbierten Schicht einer leichter flüchtigen Substanz stattfindet. Beim Glase wird wohl in erster Linie die nur schwer zu entfernende Wasserhaut in Frage kommen, bei den Metallen Cu und Ag entweder Sauerstoff[2] oder, was nach den von MOTZ und TRILLAT[3] erhaltenen Ergebnissen recht wahrscheinlich ist, höhere Kohlenwasserstoffe, da deren Elektroneninterferenzbilder bei Metallfolien, die nicht besonders vorbehandelt sind, stets auftreten. Einen direkten Beweis dafür, daß an völlig reinen Metallflächen Cd sofort (auch bei höherer Temperatur) kondensiert wird, erbrachte COCKCROFT[1], indem er die als Unterlage dienende Silberschicht im Vakuum erst durch Aufdampfen herstellte.

4. Obgleich die voranstehend geschilderten Probleme des Energie- und Stoffaustausches, bei denen die Kondensation eines Dampfes eine ausschlaggebende Rolle spielt, wohl in großen Umrissen als geklärt angesehen werden dürfen, sind wir doch noch nicht in der Lage — zum Teil weil es noch an geeignetem Versuchsmaterial fehlt —, alle Einzelheiten zu erkennen und eine einigermaßen vollständige quantitative Theorie zu entwickeln. Daher erscheint es zweckmäßig, zunächst eine noch einfachere Erscheinung genauer zu untersuchen, nämlich *den Energie- bzw. Wärmeaustausch eines Gases mit einer festen Wand.* Ist das Gas so verdünnt, daß nur noch selten Zusammenstöße zwischen den Molekeln stattfinden, so tritt unter allen Umständen, selbst wenn die aufprallenden Gasmolekeln sofort vollständig die Temperatur der Wand annehmen, an der Grenzfläche ein Temperatursprung auf, denn wenn die Temperatur der Wand mit T_1 bezeichnet wird, die der ankommenden Gasmolekeln mit T_2, so beträgt die Gastemperatur im Mittel offenbar $\frac{T_1 + T_2}{2}$. Indessen kann man nicht damit rechnen, daß die von der Wand fortfliegenden Molekeln wirklich deren Temperatur vollständig angenommen haben; ihre Temperatur wird vielmehr zwischen T_1 und T_2 liegen und möge mit T_3 bezeichnet werden. Das Verhältnis

$$\gamma = \frac{T_2 - T_3}{T_2 - T_1}$$

der sog. Akkommodationskoeffizient, stellt dann die für die Güte des Wärmeaustausches charakteristische Größe dar; wie man leicht erkennt, nimmt γ den (Maximal-) Wert eins an, wenn $T_3 = T_1$ wird.

Eine experimentelle Bestimmung von γ gelingt relativ leicht, wenn man das Wärmeleitvermögen eines sehr verdünnten Gases nach der bekannten SCHLEIERMACHERschen Hitzdrahtmethode mißt oder, exakter ausgedrückt, die von der Oberflächeneinheit dieses Drahtes in der Zeiteinheit bei einer Übertemperatur von 1° an das Gas abgegebene Wärme ($\Delta \dot{q}$) ermittelt. Es ist nun leicht einzusehen, daß $\Delta \dot{q}$ proportional sein muß: 1. der Zahl der in der Volumeneinheit enthaltenen Mole (c), 2. der mittleren Molekulargeschwindigkeit ($\bar{w}$), 3. der Molwärme C_v. Für den Proportionalitätsfaktor erhält man bei einatomigen Gasen den Wert $\frac{4}{3\sqrt{6\pi}}$, wenn man zunächst $\gamma = 1$ setzt. Es gilt dann also

$$\Delta \dot{q} = \frac{4}{3\sqrt{6\pi}}\, c\, \bar{w}\, C_v = \frac{2}{\sqrt{6\pi}}\, c\, \bar{w}\, R \quad \left(\text{mit } C_v = \frac{3}{2} R\right) \ldots \quad (4)$$

[1] A. EUCKEN, Lehrb. d. chem. Physik S. 483 (Leipzig 1930).

[2] Vgl. hierzu E. J. W. VERWEY u. J. H. DE BOER, Rec. Trav. chim. Pays-Bas et Belg. (Amsterd.) **55**, 675 (1936), daselbst weitere Literatur über Sauerstoffschichten auf Metallen.

[3] a. a. O.

[1] Proc. roy. Soc. Lond. **119**, 306 (1928).

Bei mehratomigen Gasen ist für die Rotations- und Schwingungsanteile der Molwärme (C_{rot} und C_s) der Proportionalitätsfaktor $\frac{1}{\sqrt{6\pi}}$ zu verwenden. Ist nun der Wärmeaustausch unvollkommen, so ist $\Delta\dot{q}$ bei einatomigen Gasen einfach um den Faktor γ kleiner als nach Gl. (4). Bei mehratomigen Gasen hat man strenggenommen damit zu rechnen, daß jedem Anteil der inneren Energie- bzw. der Molwärme ein besonderer γ-Wert zukommt (γ_{tr}, γ_{rot}, γ_s), wodurch man zu der Gleichung:

$$\Delta\dot{q} = \frac{1}{\sqrt{6\pi}}\, c\,\bar{w}\,(\gamma_{tr}\, 2R + \gamma_{rot}\, C_{rot} + \gamma_s C_s) \ldots \quad (5)$$

gelangt, doch begnügt man sich in der Regel mit der Verwendung eines mittleren Akkommodationskoeffizienten (γ), indem man die Gleichung

$$\Delta\dot{q} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\,\bar{\gamma}\, c\,\bar{w}(2R + C_{rot} + C_s) \quad (6)$$

benutzt.

Über $\bar{\gamma}$ liegt nun bereits ein sehr reichhaltiges experimentelles Material vor[1], welches zahlreiche bemerkenswerte Einzelheiten bietet, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann. Erwähnt seien nur einige Beobachtungen von J. K. ROBERT und W. B. MANN[2], aus denen hervorgeht, daß der Akkommodationskoeffizient von Edelgasen an sorgfältig gereinigten Metalldrähten relativ klein ist, aber erheblich zunimmt, wenn dem Gase sehr geringe Mengen Sauerstoff beigefügt werden. Es kann wohl kaum zweifelhaft sein, daß diese Veränderung durch eine Adsorption des Sauerstoffs an der Metalloberfläche bedingt ist[3]. Diese und ähnliche Beobachtungen legen die Vermutung nahe, daß in sehr vielen Fällen die Größe des Akkommodationskoeffizienten in einem engen Zusammenhang mit Adsorptionserscheinungen, also einem Phänomen des stofflichen Austausches, steht. Im folgenden soll kurz gezeigt werden, daß dies in der Tat in der Regel der Fall ist[4].

Die experimentellen Unterlagen wurden auf Grund einer Verwendung der Gl. (5) gewonnen; hinreichend genaue Ergebnisse ließen sich indessen nur dadurch erzielen, daß man auf Absolutmessungen von vornherein verzichtete und sich auf Relativmessungen beschränkte, indem man für eine Reihe von verschiedenen Gasen (I, II, III . . .) unter den gleichen Bedingungen eine zu $\Delta\dot{q}$ proportionale Größe bestimmte bzw. die Verhältnisse $\frac{\Delta\dot{q}_{II}}{\Delta\dot{q}_I}$, $\frac{\Delta\dot{q}_{III}}{\Delta\dot{q}_I}$ usw. bildete[1]. Es ergab sich zunächst, daß bei mehratomigen, einigermaßen leicht kondensierbaren Gasen ($T_s > 100°$ abs.), deren Molwärmen als bekannt angesehen werden konnten, $\bar{\gamma}$ sich bei abnehmender Temperatur sehr stark einem gemeinsamen Wert näherte[2], der offenbar nur der Grenzwert eins sein konnte. Daher war es umgekehrt möglich, in diesem Temperaturgebiet auf Grund von Gl. (6) (mit $\bar{\gamma} \cong 1$) die Molwärmen einiger Gase zu bestimmen, die bis dahin noch nicht sicher bekannt waren.

Weiterhin konnte man zu genaueren Aussagen über γ (zunächst $\bar{\gamma}$) in einem Temperaturgebiet gelangen, in welchem $\gamma < 1$, da für dieses, soweit die Frequenzen der Normalschwingungen der betr. Molekeln bekannt waren, C_s mittels der PLANCKschen Formel berechnet werden konnte. Bei den *einatomigen Gasen Ar und Kr* wurden wir zu dem Ergebnis geführt, daß $\bar{\gamma}$ bzw. γ_{tr} hier bis zu 0° hinauf nur sehr wenig kleiner als 1 sein kann, denn 1. erwies sich γ als für beide Gase gleich groß, und zwar größer als bei sämtlichen mehratomigen Gasen, 2. als von der Temperatur unabhängig. Dieses Ergebnis steht in bester Übereinstimmung mit der bereits oben erwähnten LANGMUIRschen Auffassung, daß praktisch sämtliche Molekeln beim Aufprall auf eine Wand zunächst festgehalten werden und dann nach Ablauf einer gewissen Zeit (τ) wieder aufs neue verdampfen. Denn es ist einleuchtend, daß ein derartiges Festhalten nur möglich ist, wenn die aufprallenden Molekeln ihre kinetische Energie an die Wand zunächst vollständig abgeben, bei der Wiederverdampfung müssen sie dann, ebenso wie bei der Verdampfung aus einer Flüssigkeit, die gleiche mittlere Temperatur haben wie die Wand.

Es steht nun offenbar nichts im Wege, das für die einatomigen Gase Ar und Kr erhaltene Ergebnis auf mehratomige Stoffe zu übertragen, deren Siedepunkt (als rohes Maß für die molekularen Anziehungskräfte) höher liegt als der des Ar. Setzt man dementsprechend bei diesen Molekeln $\gamma_{tr} = 1$, so ist man, soweit C_{rot} und C_s als bekannt anzusehen sind, in der Lage, nähere Angaben über den Akkommodationskoeffizienten der Rotationsbewegung (γ_{rot}) und der Schwingungsbewegung (γ_s) der Molekeln zu gewinnen. Freilich ist eine willkürfreie Trennung dieser beiden Akkommodationskoeffizienten bisher noch nicht gelungen, doch ist auf Grund sonstiger Erfahrungen anzunehmen, daß γ_{rot} sicher größer ist als γ_s, so daß gelten muß:

$$1 > \gamma_{rot} > \gamma_s$$

Glücklicherweise tritt in den meisten Fällen, wenigstens bei höheren Temperaturen, in Gl. (5)

[1] ROWLEY u. EVANS, J. amer. chem. Soc. **57**, 2059 (1935). Daselbst weitere Literatur. Ferner K. B. BLODGETT u. J. LANGMUIR, Physic. Rev. **40**, 78 (1932). — KEESOM u. SCHMIDT, Physica **3**, 590 (1936).

[2] J. K. ROBERTS, Proc. roy. Soc. Lond. **152**, 445 (1935); **135**, 192 (1932); **129**, 146 (1930). — W. B. MANN, Proc. roy. Soc. Lond. **146**, 776 (1934).

[3] Vgl. hierzu Fußnote 2, S. 215, Spalte 1.

[4] Eine Anzahl der hier mitzuteilenden Ergebnisse sind einer Arbeit von A. EUCKEN u. A. BERTRAM [Z. physik. Chem. B **31**, 361 (1936)] entnommen; einige neuere Ergebnisse beruhen auf Versuchen, die von cand. chem. HUNSMANN angestellt wurden.

[1] Eine ausführliche Schilderung der Versuchsanordnung befindet sich bei EUCKEN und WEIGERT [Z. physik. Chem. B **23**, 265 (1933)].

[2] Als Material für den Heizdraht bewährte sich bei diesen Versuchen schwach oxydiertes Nickel.

das Glied $\gamma_{rot} C_{rot}$ gegenüber $\gamma_s C_s$ zahlenmäßig zurück, so daß das Ergebnis für γ_s von der betr. γ_{rot} getroffenen Annahme nur in mäßigem Umfange abhängig ist. Auf Grund der an Methan und Stickstoff erhaltenen Ergebnisse, bei welchen umgekehrt C_s bis 0° hinauf stark gegenüber C_{rot} zurücktritt, gewinnt man den Eindruck, daß γ_{rot} *bei nahezu kugelförmigen Molekeln erheblich kleiner als 1* ist und etwa von der gleichen Größe wie γ_s, doch besteht durchaus die Möglichkeit, daß bei gestreckten Molekeln (CO_2, C_2H_2 usw.) γ_{rot}-Werte auftreten, die von 1 nur wenig verschieden sind.

Der Befund, daß nun γ_s bei nicht allzu tiefen Temperaturen tatsächlich erheblich kleiner als 1 ist, läßt sich offenbar vom Standpunkt der LANGMUIRschen Auffassung, nach welcher die Molekeln eine Zeitlang von der Wand festgehalten werden, nur so deuten, daß der *Ausgleich der Schwingungsenergie eine verhältnismäßig lange Zeit beansprucht.* Nimmt man an, daß derselbe bei einer einzelnen Molekel nach einer Funktion von der Gestalt

$$\Delta q_t = \Delta q_\infty \left(1 - e^{-\frac{t}{\beta}}\right)$$

erfolgt, wobei Δq_∞ die nach unendlich langer Zeit, Δq_t die nach der Zeit t übertragene Wärmemenge bedeutet, so spielt β, *die mittlere Ausgleichszeit*, hier eine ähnliche Rolle, wie die mittlere Verweilzeit τ bei der Adsorption. Bei dem Akkommodationskoeffizienten γ_s müssen nun offenbar *beide Größen* miteinander in Konkurrenz treten (je kleiner β und je größer τ, desto besser ist die Akkommodation), und zwar gelangt man durch eine einfache Berechnung zu der Formel

$$\gamma_s = \frac{\tau}{\tau + \beta} \quad \text{oder} \quad \frac{1}{\gamma_s} = 1 + \frac{\beta}{\tau} \ldots \qquad (7)$$

Offenbar war es nun von Interesse, diese Gleichung für einige Gase, bei denen γ_s bestimmt werden konnte, numerisch auszuwerten. Zu diesem Zweck bedurfte es aber zunächst einer Ermittlung von τ, was durch eine Festlegung der Adsorptionsisothermen im linearen Gebiet unter Verwendung der unmittelbar aus (2) und (3) sich ergebenden Formel

$$\frac{p}{c_M} = \frac{\sqrt{2\pi k m T}}{\tau}$$

keine Schwierigkeiten verursacht. Entsprechende Versuche wurden bisher an CF_4 ausgeführt; als Adsorbens diente zusammengerollte schwach oxydierte Ni-Folie von bekannter Oberfläche.

Die erhaltenen Ergebnisse sind in nachfolgender Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2. Mittlere Verweilzeit (τ) und Ausgleichzeiten (β) des CF_4 an oxydiertem Ni.

T (abs.)	170°	195°
τ (sec · 10^6)	3,5	0,52
γ_s ($\cong \gamma_{rot}$)	0,91	0,89
β (sec · 10^6)	0,35	0,05

Die Ausgleichszeiten β sind somit von der Größenordnung 10^{-7} sec, was so viel besagt, daß der *Ausgleich der Schwingungsenergie eines adsorbierten Gases mit dem Adsorbens recht langsam vonstatten geht*, da die Atome innerhalb der Molekeln in dieser Zeit etwa 10^6 Schwingungen gegeneinander ausführen. Bemerkenswert ist an diesem Ergebnis, daß die Zeiten, die zum Ausgleich zwischen Translations- und Schwingungsenergie bei Gasmolekeln erforderlich sind[1], von der gleichen Größenordnung sind, obgleich es sich hier um eine andere (vor allem durch Stöße bedingte) Art der Energieübertragung handelt. Doch darf man auf Grund des erhaltenen Befundes erwarten, daß letzten Endes die Energieübertragung von einem festen Körper und die von einem schnell bewegten Gasatom auf die inneren Schwingungen einer Gasmolekel doch näher miteinander verwandt sind, als man es zunächst vermuten sollte, indem man sich vorstellt, daß nur solche Molekeln der festen Oberfläche zu einer Energieübertragung auf das Innere des adsorbierten Gases befähigt sind, denen zufällig eine abnorm hohe Schwingungsamplitude zukommt.

Nimmt man an, daß jedesmal dann eine Schwingungsübertragung stattfindet, wenn die Schwingungsenergie der Molekel des festen Körpers, die der absorbierten Molekel am nächsten liegt, einen bestimmten Grenzwert überschreitet, so gelangt man, wie in zahlreichen analogen Fällen, für β zu der Formel

$$\beta = \beta_0 e^{\frac{Q_1}{RT}}. \qquad (8)$$

Nach LANGMUIR gilt aber im Prinzip die gleiche Formel für die Verweilzeit τ (unter Verwendung eines anderen Q-Wertes).

Setzt man also

$$\tau = \tau_0 e^{\frac{Q_2}{RT}}, \qquad (9)$$

so resultiert zufolge Gl. (7) mit $Q_2 - Q_1 = \Delta Q$ für den Akkommodationskoeffizienten γ_s unmittelbar:

$$\ln\left(\frac{1}{\gamma_s} - 1\right) = -\frac{\Delta Q}{RT} + \ln\frac{\beta_0}{\tau_0} = -\frac{A}{T} + B.$$

In der Tat läßt sich die Temperaturabhängigkeit der Mehrzahl der von EUCKEN und BERTRAM bestimmten Akkommodationskoeffizienten befriedigend durch diese Formel darstellen, doch eignet sie sich auch, wie Fig. 6 und 7 zeigen, zur Wiedergabe der Messungsergebnisse anderer Beobachter. Dabei braucht man sich nicht auf den Anteil γ_s zu beschränken, sondern kann die Formel auch oft unmittelbar zur Wiedergabe der Temperaturabhängigkeit des mittleren Akkommodationskoeffizienten verwenden, wodurch sie freilich einen mehr empirischen Charakter gewinnt.

Bemerkenswert ist der Umstand, daß nach den bisher vorliegenden Ergebnissen Q_2 und Q_1 erheblich größer sind als die Differenz ΔQ, z. B. erhält

[1] A. EUCKEN u. H. JAACKS, Z. physik. Chem. B **30**, 85 (1935); daselbst Angaben über vorangehende Arbeiten.

man für CF_4: $Q_2 = 5500$ cal, $Q_1 = 4750$ cal, $\Delta Q_1 = 750$ kcal. Vom Standpunkt der voranstehend entwickelten Vorstellung ist dieses Ergebnis einleuchtend. Denn um eine adsorbierte Molekel wieder in den Gasraum schleudern zu können, bedarf die unter ihr liegende Molekel des Adsorbens offenbar eines relativ hohen (proportional Q_2 anzunehmenden) Betrages an Schwingungsenergie; der für die Schwingungsanregung der Molekel erforderliche Energiebetrag Q_1 muß offenbar kleiner sein (anderenfalls würde ja die Molekel fortgeschleudert werden), doch ist es nicht verwunderlich, daß der Unterschied nur relativ geringfügig ist, da ja die Schwingungsanregung der adsorbierten Molekel offenbar (wie im Gase) in erster Linie durch eine stoßartige Wirkung der unter ihr befindlichen Atome oder Molekeln des Adsorbens zustande kommt[1].

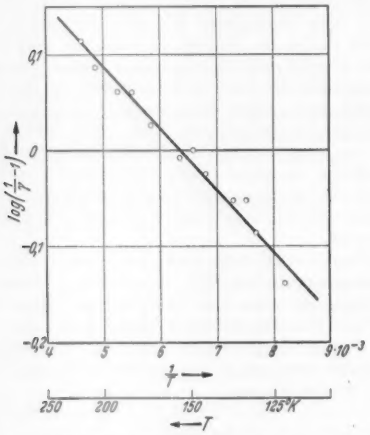


Fig. 6. Akkommodationskoeffizient von Wasserstoff an Eisen $\Delta Q = 300$ cal. [umgerechnet aus einer Arbeit von ROWLEY u. EVANS, J. amer. chem. Soc. **57**, 2059 (1935)].

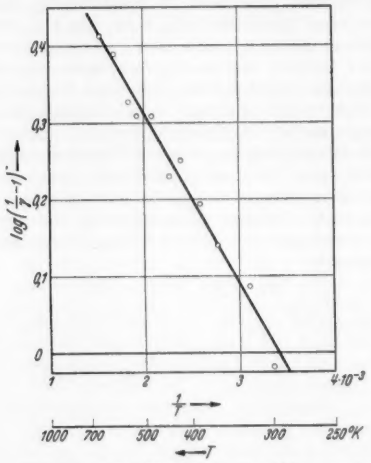


Fig. 7. Temperaturabhängigkeit des Akkommodationskoeffizienten von CO_2 an Platin in logarithmischer Darstellung. $\Delta Q = 1020$ cal. [Nach C. T. ARCHER, Phil. Mag. (7), **19**, 901 (1935).]

5. So zeigen die voranstehend besprochenen Beispiele, daß eine Energieübertragung an Grenzflächen fest-gasförmig fast stets mit einer stofflichen Wechselwirkung zwischen beiden Phasen, im besonderen mit Adsorptionsprozessen, verknüpft ist, umgekehrt sind aber die in Frage kommenden stofflichen Veränderungen (z. B. die Bildung von festen Niederschlägen aus Gasen) durch energetische Einflüsse bedingt. Einen befriedigenden Einblick in die molekularen Vorgänge, die sich, sei es bei einem Energieaustausch, sei es bei einem stofflichen Austausch, an Grenzflächen abspielen, erhält man daher nur dann, wenn man beide Erscheinungen nicht voneinander abtrennt, sondern gemeinsam behandelt.

Göttingen, im Januar 1937, physikalisch-chemisches Institut der Universität.

[1] Eine auf einer anderen Grundvorstellung beruhende (wellenmechanische) Theorie für die Übertragung von Schwingungsenergie von einem festen Adsorbens auf das Innere einer adsorbierten Molekel entwickelten K. F. HERZFELD u. M. GÖPPERT-MAYER [Z. physik. Chem., Bodenstein-Festband, 669 (1931)]. Die dort erhaltenen formelmäßigen Ergebnisse lassen sich zwar nicht ohne weiteres numerisch auswerten und mit dem von uns erhaltenen experimentellen Befund vergleichen, immerhin geht aus ihnen (in Übereinstimmung mit letzterem) deutlich hervor, daß der fragliche Energieübergang in der Tat meistens stark gehemmt ist, weil die Eigenfrequenzen des adsorbierenden Gitters in der Regel erheblich kleiner sind als die Normalschwingungen der adsorbierten Gase.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Fehlerrechnung bei biologischen Messungen.

In einer Mitteilung von PRIGGE in Naturwiss. **1937**, H. 11, wurde festgestellt, daß die allgemein übliche Angabe des mittleren Fehlers eines beobachteten Versuchsergebnisses unter Umständen zu nicht unbeträchtlichen Fehlresultaten führen kann, wenn es sich darum handelt, Aussagen über die Beziehung zwischen einem experimentell gefundenen Versuchsergebnis und dem zugehörigen (unbekannten) „wahren" Wert zu machen. Sehr einfach liegen die Verhältnisse für den Erbbiologen, wenn er zu prüfen hat, ob ein Versuchsergebnis als zufällige Abweichung von einem nach den MENDELschen Spaltungsgesetzen möglichen Werte x aufgefaßt werden darf; durch Bestimmung des „mittleren Fehlers" von x ergibt sich ohne weiteres die Antwort auf diese Frage. Wesentlich schwieriger ist die Frage nach dem „wahren" Wert zu beantworten, wenn z. B. festgestellt ist, daß von 20 Personen 16 (= 80 %) blauäugig sind, und wenn auf Grund dieser Beobachtung eine Aussage über den wahren Prozentsatz der Blauäugigen in der betreffenden Population gemacht werden soll. Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse, wenn eine be-

stimmte Toxindosis 15 von 30 Mäusen tötet und wenn ein Urteil über das Verhalten des gesamten Tiermaterials, dem das Kollektiv von 30 Mäusen entnommen wurde, d. h. über die „wahre Giftigkeit" des geprüften Präparates, gegeben werden soll. Alle diese Fragen lassen sich nur dadurch beantworten, daß man irgendwelche theoretischen Werte ins Auge faßt und prüft, ob die experimentell ermittelten Ergebnisse als Streuung dieser Werte aufgefaßt werden können. In den Fällen, in denen keinerlei Werte durch die Theorie ausgezeichnet sind (wie bei der Mendel-Spaltung), muß also ein anderes Kriterium angewandt werden. Das gesuchte Kriterium darf keinesfalls als „mittlerer Fehler" aufgefaßt werden; denn der „mittlere Fehler" enthält eine Aussage über die zu erwartenden Abweichungen von *einem „wahren" Werte*, während das gesuchte Kriterium eine Aussage über die möglichen „Ursachen" (im Sinne des Theorems von BAYES) *eines experimentell gewonnenen Ergebnisses* enthalten soll.

Wenn das Versuchsergebnis in Gestalt eines nicht sehr stark von 50 abweichenden Prozentsatzes vorliegt, dann begeht man keinen sehr schweren Fehler, wenn man den Wert $\sqrt{\frac{P \cdot Q}{n}}$ als das gesuchte Kriterium angibt. Das ist aber nicht mehr zulässig, wenn P sehr verschieden ist von 50 %. Als geeignetes Kriterium ist dann der von PRIGGE mit dem Symbol M_k bezeichnete „Fehler" anzusehen. Diese Größe gibt — unter der Voraussetzung, daß alle Grundwahrscheinlichkeiten zwischen 0 % und 100 % möglich und gleichwahrscheinlich sind — die Schranken an, zwischen denen die dem beobachteten Ereignis P zugrunde liegende unbekannte Ursache x mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit liegt, z. B. für $k = 1$ mit der Wahrscheinlichkeit 2 : 3 (genauer 0,6827), d. h. mit der durch das BERNOULLISCHE Theorem a priori gegebenen Wahrscheinlichkeit, daß ein Ereignis zwischen die Grenzen des mittleren Fehlers $\sqrt{\frac{x\,(100 - x)}{n}}$ fällt. Freilich kann man in den meisten Fällen über die Wahrscheinlichkeit der Ursachen keine Aussage machen; eine Aussage über gleichwahrscheinliche Schranken des x-Wertes auf Grund eines Versuchsergebnisses bzw. der Größe M_k ist daher nur in einem begrenzten Bereiche möglich. Eine solche Angabe ist aber zur Beantwortung der gestellten Frage auch nicht erforderlich. Vielmehr handelt es sich darum, gewisse *extreme* x-Werte zu ermitteln, die als „Ursache" eines beobachteten Resultates in Betracht gezogen werden müssen, äußersten Falles also etwa die für $k = 3$ sich ergebenden Werte.

Der prinzipielle Unterschied zwischen dem mittleren Fehler und der Größe M_k wird besonders verdeutlicht durch den Umstand, daß die Varianten — das sind in diesem Falle die möglichen Werte von x, d. h. die möglichen „Ursachen" des Ergebnisses P — nicht normal verteilt sind; denn die durch M_k gegebenen gleichwahrscheinlichen Werte x_1' und x_1'' haben für jeden Wert $P \neq 50$ % verschieden großen Abstand von P. Auch wenn man keine Gleichwahrscheinlichkeit, sondern nur symmetrische Verteilung der möglichen Grundwahrscheinlichkeiten voraussetzt, ergibt sich für die zu einem bestimmten P-Wert gehörigen x-Werte stets eine schiefe Verteilung.

Die Überlegung von PRIGGE erlaubt es auch, auf die Frage nach der Lage der *Differenz* der den Ergebnissen P_1 und P_2 ($P_1 < P_2$) zweier *Vergleichsversuche* zugrunde liegenden „wahren Werte" x_1 und x_2 eine praktisch verwertbare Antwort zu geben. Die durch M_k gegebenen Grenzen von x_1 seien mit x_1' und x_1'' bezeichnet ($x_1' < P_1 < x_1''$). Die Wahrscheinlichkeit, daß der Prozentsatz P_1 außerhalb der k-fachen mittleren Abweichung vom wahren Wert liegt, sei W_k. Unter s Beobachtungen mit dem (stets gleichen) Ergebnis P_1 wird somit in $s\frac{W_k}{2}$ Fällen $x_1 < x_1'$ sein; dies gilt *streng* unter der Voraussetzung *gleichwahrscheinlicher „Ursachen"*, in guter Annäherung aber auch ohne diese Voraussetzung. Die Hälfte der Werte x_2 wird in diesen Fällen kleiner, die andere Hälfte größer als P_2 sein, d. h. für $x_1 < x_1'$ besitzt der Wert $P_2 - x_1$ unter den Differenzen $x_2 - x_1$ die größte Wahrscheinlichkeitsdichte. Ferner wird in $s\frac{W_k}{2}$ Fällen $x_1 > x_1''$ sein. Auch dann besitzt die Differenz $P_2 - x_1$ die größte Wahrscheinlichkeitsdichte. Eine genau entsprechende Überlegung läßt sich für P_2 und für die in analoger Weise bezeichneten Punkte x_2' und x_2'' anstellen. Wird nun W_k als äußerste für die Differenz $x_2 - x_1$ in Betracht zu ziehende Wahrscheinlichkeit angenommen, so stellen $P_2 - x_1'$ und $x_2'' - P_1$ die beiden extrem liegenden unter den größten Werten dar, mit denen man noch zu rechnen hat. (Genau genommen sind $P_2 - x_1'$ und $x_2'' - P_1$ nur die *„Mittelwerte"* der extrem liegenden Differenzen; denn P_2 bzw. P_1 sind lediglich die Werte von x_2 bzw. x_1 mit der größten Wahrscheinlichkeitsdichte.) Entsprechend stellen $P_2 - x_1''$ und $x_2' - P_1$ die beiden extrem liegenden unter den kleinsten in Frage kommenden Werten dar.

Die Berechnung der „Grenzdifferenzen" $P_2 - x_1'$, $x_2'' - P_1$ und $P_2 - x_1''$, $x_2' - P_1$ ist besonders wertvoll bei der Messung biologisch wirksamer Substanzen im Tierversuch mit Hilfe von Wirkungskurven [Lit. s. Arb. Staatsinst. exper. Ther. Frankf. *32* (1935)]. Für jede Differenz zweier Prozentsätze liefert die Wirkungskurve einen bestimmten Titer. Mit Hilfe der „Grenzdifferenzen" lassen sich also die durch die vorgegebene Mindestwahrscheinlichkeit W_k gegebenen Fehlergrenzen des Titers ablesen.

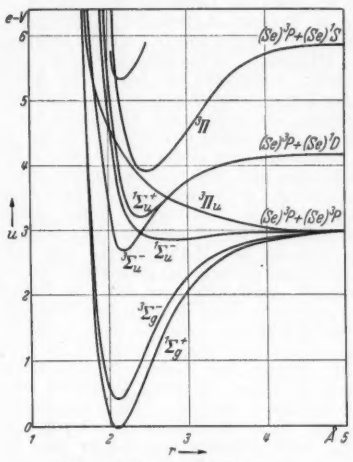
Es muß darauf hingewiesen werden, daß durch die Bestimmung der „Grenzdifferenzen" kein Kriterium dafür gewonnen werden kann, ob die beobachteten Prozentsätze als Abweichungen von einem und demselben „wahren Wert" aufgefaßt werden können. Das meist angewandte Kriterium in der Form des „mittleren Fehlers einer Differenz" muß aus den selben Gründen als unrichtig abgelehnt werden, welche PRIGGE zur Einführung von M_k veranlaßt haben. Ein brauchbares Kriterium gibt dagegen ERNA WEBER in ihrer ausgezeichneten „Einführung in die Variations- und Erblichkeitsstatistik" (München 1935, S. 180/181).

Frankfurt a. M., Chemotherapeutisches Forschungsinstitut „Georg Speyer-Haus", den 10. Februar 1937.

W. SCHÄFER.

Über das Termschema des zweiatomigen Selenmoleküls.

Die Analyse eines im Ultraviolett gelegenen, einem metastabilen Schwefelmolekül zugeschriebenen Absorptionsspektrums ermöglichte eine Vervollständigung des Termschemas des Schwefelmoleküls S_2.[1] Eine ähnliche Anordnung der



Termschema des Moleküls Se_2.

Molekülterme ist bei den Molekülen Se_2 und Te_2 mit gleichartiger Elektronenkonfiguration zu erwarten. Die Deutung der in Absorption, Emission und Fluoreszenz im Selendampf beobachteten Spektren führt zur Aufstellung des obenstehenden Termschemas für das Molekül Se_2. Ein zwischen 5100 Å und 3200 Å auftretendes Spektrum entspricht dem Übergang vom Grundzustand $^1\Sigma_g^+$ in den $^1\Sigma_u^+$ Term, der

[1] H. CORDES, Z. Physik (im Erscheinen).

an der Grenze in ein normales (^3P) und ein angeregtes (^1D) Se-Atom zerfällt. Die beobachtete Prädissoziation wird durch strahlungslosen Übergang in einen in Analogie zum O_2 angenommenen $^3\Pi_u$-Term gedeutet. Etwa 3500 cm^{-1} über dem Grundzustand liegt der im S_2 den Grundterm bildende $^3\Sigma_g^-$-Term, der unter Auftreten eines am langwelligen Ende des Systems $^1\Sigma_g^+ \leftrightarrow {}^1\Sigma_u^+$ beobachteten Bandenspektrums mit dem $^3\Sigma_u^-$-Term kombiniert. Von den drei von NEVIN[1] angegebenen Bandenspektren dürfte das β-System nur vorgetäuscht sein; die Banden dieses Systems lassen sich in die beiden übrigen, etwas abgeänderten, als $^1\Sigma_g^+ \leftrightarrow {}^1\Sigma_u^+$ und $^3\Sigma_g^- \leftrightarrow {}^3\Sigma_u^-$ gedeuteten Systeme einordnen. Die in Emission und Fluoreszenz im Sichtbaren beobachteten Intensitätsfluktuationen lassen sich durch Übergänge von einem in Analogie zum S_2 angenommenen $^1\Sigma_u^-$-Term erklären. Von den im Ultraviolett in Absorption gemessenen weiteren Bandensystemen[1] wird das zwischen 3150 Å und 2758 Å gelegene versuchsweise dem auch im S_2 beobachteten Übergang $^1\Sigma_g^+ \rightarrow {}^3\Pi_u$ zugeschrieben; die bei der verwandten Dispersion beobachtete Unschärfe der Bandenköpfe dürfte vielleicht auf die Aufspaltung des $^3\Pi_u$-Terms zurückzuführen sein.

Durch lineare Extrapolation der Grenze des $^1\Sigma_g^+$ und des $^1\Sigma_u^+$-Terms ergibt sich für die Dissoziationsenergie des Se_2 ein Wert von $3{,}0 \pm 0{,}1$ Volt $= 69{,}2 \pm 2{,}3$ kcal/Mol.

Das Te_2-Molekül zeigt ein analoges Termschema und ähnliche Termkombinationen. Die Dissoziationswärme beträgt etwa 2,4 Volt $\sim$ 55 kcal/Mol.

Eine ausführlichere Darstellung der Termschemata der Moleküle O_2, S_2, Se_2 und Te_2 und die Deutung der Spektren erfolgt demnächst in der Z. Physik.

Frankfurt a. M., Institut für Physikalische Chemie der Universität, den 3. März 1937. H. CORDES.

[1] T. E. NEVIN, Nature 126, 13 (1930).

[1] M. MORACZEWSKA, Z. Physik. 62, 270 (1930).

Besprechungen.

KOHLRAUSCH, F., **Praktische Physik.** 17. Auflage. Herausgegeben mit 18 Mitarbeitern von F. HENNING. Leipzig-Berlin: B. G. Teubner 1935. XII, 958 S. und 512 Abbild. 16 cm × 23 cm. Preis geb. RM 32.—.

Wie man erwarten konnte, ist die neue (siebzehnte) Auflage des „Kohlrausch" größer geworden als die letzte (von 1930). Eine leichte Veränderung hat der Titel erfahren. Während die letzte Auflage noch bezeichnet wurde als „Lehrbuch der praktischen Physik", heißt die neue „F. KOHLRAUSCH, Praktische Physik zum Gebrauche für Unterricht, Forschung und Technik". Für die 16. Auflage zeichneten gemeinsam 7 Bearbeiter (W. BOTHE, E. BRODHUN, E. GIEBE, E. GRÜNEISEN, F. HOFFMANN, K. SCHEEL und O. SCHÖNROCK); die neue ist „unter Mitarbeit von E. BRODHUN, H. EBERT, S. ERK, H. FRÄNZ, F. HOFFMANN, W. JAEGER, M. JAKOB, E. JUSTI, B. LENK, O. MEISSER, H. MOSER, J. OTTO, R. RITSCHL, A. SCHEIBE, O. SCHÖNROCK, W. STEINHAUS, R. VIEWEG und G. ZICKNER herausgegeben von F. HENNING". Hinzugefügt werden muß, daß davor steht: „vollständig neu bearbeitete Auflage".

In der Tat, es handelt sich um eine durchgreifende Umarbeitung, die sowohl die Einteilung des Stoffes betrifft wie die gesamte Darstellung, bei der umfangreiche Abschnitte zum größten Teile oder vollständig neu geschrieben sind. Daß bei einer solchen grundlegenden Umarbeitung der einheitliche und ganz bestimmte Charakter, den der „Kohlrausch" immer gehabt hat, erhalten geblieben ist, ist zweifellos das Verdienst der straffen Führung des Herausgebers. Daß sämtliche 19 Autoren, bis auf einen, der physikalisch-technischen Reichsanstalt angehören oder bis vor kurzem zugehörten, wird man dabei als einen diese Einheitlichkeit fördernden glücklichen Umstand buchen dürfen.

Eine vollkommen neue Einteilung in 6 Hauptabschnitte kommt dem Gebrauche des Werkes im Unterricht — seiner im neuen Untertitel zuerst genannten Aufgabe — entgegen. Die 6 Abschnitte sind: Allgemeines über Messungen, Mechanik (einschl. Akustik), Zustandsgrößen und Wärme (hier befindet sich auch die Wärmestrahlung), Optik, Elektrizität und Magnetismus, Korpuskeln und Energiequanten. Die Maßsysteme, die bisher im Anhang untergebracht waren, stehen jetzt zusammen mit dem Kapitel: Auswertung der Beobachtungen in dem ersten Hauptabschnitt, der in einleitender Form vom Herausgeber geschrieben ist. Vergleicht man denselben mit den entsprechenden Kapiteln der früheren Auflage, so findet man, daß nur wenige Sätze von früher stehen geblieben sind. Man erkennt hier wie im ganzen Buch das Bestreben, durch straffen Aufbau, durch Fortlassen veralteter Dinge einen Ausgleich dafür zu finden, daß das zu behandelnde Material so außerordentlich angewachsen ist.

Die Mechanik, der zweite Hauptabschnitt, enthält Wägung, Längen-, Raum- und Zeitmessung sowie die Mechanik starrer und deformierbarer Körper, in der letzteren auch die Akustik.

Eine große Umarbeitung und Erweiterung hat der dritte Hauptabschnitt, die Wärme, erfahren, der jetzt Zustandsgrößen und Wärme heißt. Neben den üblichen Wärmegrößen findet man jetzt hier auch Spezifisches Gewicht, Gasdichte und Molekulargewichtsbestimmungen, sowie Feuchtigkeit, Diffusion und Osmose. Es erscheint vom didaktischen Gesichtspunkt aus vorteilhaft, daß diese Dinge statt in der Mechanik jetzt bei den Zustandsgrößen in der Wärme gebracht sind. Es hätte hier auch der Vollständigkeit halber (vielleicht beim Gleichgewicht verschiedener Phasen) die Oberflächenspannung kommen können statt am Schlusse der Mechanik deformierbarer Körper, wo sie ziemlich isoliert hinter der Akustik und Zähigkeit auftritt.

Die stärksten Änderungen und Erweiterungen sind in dem Hauptabschnitt Elektrizität und Magnetismus vorgenommen worden. Niederfrequenter sowie mittel- und hochfrequenter Wechselstrom haben besondere Kapitel bekommen, ebenso die Elektronenröhren. Hier sind viele, für den praktischen Gebrauch sehr wertvolle Schaltschemata neu dazu gekommen. Beim Hauptabschnitt Korpuskeln und Quanten sei ein neues Kapitel über spektroskopische Methoden zur Bestimmung der Atom- und Molekülkonstanten hervorgehoben.

Weggefallen ist in der neuen Auflage der Abschnitt über „Technisches". Die entsprechenden Anweisungen sind den einzelnen Teilgebieten zugewiesen worden, wo sie nach der Angabe des Vorwortes mit Hilfe des alphabetischen Inhaltsverzeichnisses zu finden sein sollen. Dies und jenes wird man trotzdem schwer finden oder gar vermissen. So konnte der Berichter die wertvollen Angaben über das hydrolytische Verhalten und die physikalischen Eigenschaften der Gläser in der neuen Auflage nicht finden. Der alte technische Abschnitt war in dieser Beziehung vorteilhafter.

Trotz starker Vergrößerung des Inhalts ist es durch mehrere Mittel erreicht worden, den äußeren Umfang des Buches nicht zu stark anwachsen zu lassen, so daß die für den Gebrauch bequeme Form eines einzigen Bandes beibehalten werden konnte. Die Seitenzahl ist nur um knapp 100 von 860 auf 958 gestiegen. Die Größe einer Seite, das Format des Buches, ist aber auch

gewachsen. Ferner ist der Unterschied von Großdruck und Kleindruck, der in allen früheren Auflagen zu finden war, fortgefallen. Es gibt (von den Literaturangaben in Kleindruck abgesehen) im Text nur eine mittlere Buchstabengröße mit allerdings ziemlich engem Zeilenabstand. Auf eine Seite der neuen Auflage geht etwa $^1/_3$ mehr herauf als bei der alten Auflage im Großdruck und noch etwa 10% mehr als bei der alten Auflage im Kleindruck. Es dürfte also doch im ganzen in der neuen Auflage etwa $^1/_3$ mehr Inhalt zu finden sein als in der alten. Der Preis ist von 26 RM auf 32 RM gestiegen und bei dem Umfang des Buches noch mäßig.

Die Zahl der Figuren ist von 395 auf 512 erhöht worden, diejenige der Tabellen von 54 auf 73 angewachsen. Sämtliche Abbildungen sind nach einheitlichen Gesichtspunkten neu gezeichnet worden. Für viele, insbesondere für die elektrischen Schaltschemata mag dies von Vorteil gewesen sein. Aber nicht für alle. Für manche, hauptsächlich für Glasapparate erscheint die neue Darstellungsweise nicht besonders glücklich. Abb. 19, 58, 67 z. B. sehen mit ihrer groben Schraffierung und den dicken Linien aus, als ob sie für schlechteres Papier bestimmt wären. Das erfreulich gute Papier (das besser ist als in den früheren Auflagen) scheint eine feinere Darstellungsweise zu erheischen. Doch sind dies Kleinigkeiten.

Die Aufgabe, den „Kohlrausch" den gesteigerten Anforderungen der Neuzeit anzupassen und ihm auch in der Zukunft seinen Weg zu sichern ist dem Herausgeber und seinen Mitarbeitern vortrefflich gelungen. Der Forderung nach Konzentration des Unterrichtes entspricht er durch straffere Disposition, den Ansprüchen des forschenden Physikers durch handbuchartige Vollständigkeit und gedankliche Sauberkeit in der Darstellung der experimentellen Methoden, dem in der Technik arbeitenden Physiker durch Zuverlässigkeit der in ihm enthaltenen Zahlenangaben.

E. Regener, Stuttgart.

Handbuch der experimentellen Pharmakologie. Begründet von A. Heffter. Ergänzungswerk. Herausgegeb. v. W. Heubner u. J. Schüller. II. Band: M. Kochmann, Narkotica der Fettreihe. Berlin: Julius Springer 1936. III, 283 S. und 29 Abbild. 17 cm × 26 cm. Preis geh. RM 36.—.

Das Buch Kochmanns über die Narkotica der Fettreihe umfaßt die Neuerscheinungen auf diesem Gebiet seit der ersten Auflage des betreffenden Bandes von Heffters grundlegendem Handbuch (1923). Es zeigt, wie dankenswert die Einrichtung von Ergänzungsbänden des nunmehr unter der Leitung von W. Heubner und J. Schüller herausgegebenen Werkes ist, zumal da die Durcharbeitung der in den verschiedenen Sprachen erschienenen Literatur selbst dem Spezialforscher immer mehr wertvolle Zeit für eigene experimentelle Arbeit nimmt. Die vorzüglich klare Darstellung Kochmanns ermöglicht es aber auch all denen, an den Fortschritten der Narkoseforschung teilzunehmen, die nur mittelbar mit ihr zu tun haben. So vor allem dem Kliniker, dessen praktisches Handeln von den Erkenntnissen naturwissenschaftlicher Forschung geleitet wird, aber auch dem Gewerbemediziner — es sei als Beispiel etwa das Kapitel über halogenhaltige Kohlenwasserstoffe hervorgehoben — oder dem Hygieniker, der besonders in der Darstellung des Alkoholismus wertvolle Anregungen findet, oder dem gerichtlichen Mediziner, für den das gleiche Kapitel oder dasjenige über Schlafmittelvergiftung von besonderem Interesse sein werden. Naturgemäß sind diejenigen Stoffe und Probleme ausführlicher behandelt, die in den seit der Erstauflage erschienenen Jahren besonders bearbeitet wurden, so die Fragen der kombinierten Narkose, bei denen ein enteral oder parenteral einverleibtes Narkoticum, z. B. Morphin-Skopolamin, vor dem die Hauptwirkung tragenden Inhalationsanaestheticum (z. B. Äther) verabreicht wird oder bei dem der parenteral gegebene Stoff (z. B. Avertin) die Basis bildet, dessen Wirkung durch ein „steuerbares" Narkoticum (wie Äther) verstärkt wird. Reine Äthernarkose ist gegenüber den genannten Formen oder der Mischnarkose (Äther + ein anderes Inhalationsanaestheticum, wie Äthylen, Stickoxydul) seltener geworden. Von einzelnen Substanzen, die besonders in den vergangenen Jahren ausführlich erforscht und vielfach praktisch verwandt wurden, seien etwa die Gasnarkotica Acethylen (Narcylen) und Äthylen, unter den Schlafmitteln das Avertin sowie die zahlreichen Barbitursäurederivate genannt.

Überall ist die enge Beziehung der pharmakologischen Forschung zur *Physiologie* zu spüren, so z. B. bei dem Studium der Veränderungen des Kohlehydratstoffwechsels unter dem Einfluß der verschiedenen Narkotica (etwa Äther, Chloroform), wo die neuen Erkenntnisse des Zuckerumsatzes befruchtend gewirkt haben, wo aber auch die pharmakologische Deutung mit den fortschreitenden physiologischen Anschauungen Schritt zu halten hat. Um neben dies der physiologischen Chemie entnommene Beispiel noch ein solches mehr mit physikalischen Methoden arbeitendes zu stellen, sei etwa an die Untersuchungen über die Beeinflussung des Kreislaufs durch Narkotica erinnert, wie sie in einigen vorbildlichen Analysen der Trendelenburgschen Schule (z. B. bei Barbitursäurederivaten) zum Ausdruck kommen. Daneben finden physikalisch-chemische Untersuchungsverfahren (etwa bei Veränderungen des Blutes) ihr Recht, deren Ergebnisse in gleicher Weise von Kochmann ebenso klar wie gründlich geschildert werden.

Sehr dankenswert sind die Darlegungen über *allgemeine Fragen*, in denen der sorgsam abwägende Geist des Buches besonders zum Ausdruck kommt, so etwa das Kapitel zur Theorie der Narkose oder die Ausführungen zur Physiologie und Pharmakologie des Schlafes. In ersterem, das in diesem Ergänzungsband naturgemäß hier nur einige besonders wichtige Fragen behandelt, ist die Unterscheidung des Mechanismus der Verteilung der Narkotica im Organismus von dem ihrer eigentlichen Wirkung besonders klärend. Auf eigene Arbeiten Kochmanns geht die Dehydratationstheorie der Narkose zurück. Bei der allgemeinen Charakterisierung der Schlafmittel interessiert deren Angriffspunkt in den einzelnen Hirnteilen und die Frage nach der Beeinflussung des Schlaf„zentrums" besonders. Einen wesentlichen Fortschritt dürfte die Zurückführung der Schlafwirkung auf einen einheitlichen Mechanismus — die Begünstigung der Kalkaufnahme an den maßgebenden Stellen des Zentralnervensystems (nach Cloetta) — darstellen. Die Kochmannschen Ausführungen bieten jedenfalls eine klare Basis für weitere Forschungen in dieser Frage. Auch die Analyse des Eintritts und Abklingens der Wirkungen von Gasnarkotica erscheint besonders aufschlußreich.

Die *Literatur* des weitverzweigten Gebietes ist so ausführlich herangezogen, wie es den Benutzern des Handbuches nur dienlich sein kann. Vielleicht wäre eine etwas ausführlichere Erörterung der Versuche von Agnes Bluhm über die Wirkung des Alkoholismus auf die Nachkommenschaft infolge ihres großen praktischen Interesses gerade im Rahmen einer kritischen pharmakologischen Darstellung wünschenswert gewesen. Die Verwendung von Urethan u. a. Narkotica findet in der Er-

forschung des Mechanismus oxydativer Enzyme (bes. von Dehydrasen) neuerdings steigende Verwendung. Jedoch können derartige Hinweise nur zeigen, wie sehr auch Nachbarwissenschaften an einer großzügigen Darstellung der Narkotica entsprechend dem vorliegenden Werk interessiert sind.

Zur Ergänzung seien noch die wichtigsten *Kapitel*-überschriften angeführt: A. Inhalationsanaesthetica: Allgemeines, Diäthyläther, Chloroform u. a. halogenhaltige Kohlenwasserstoffe, Gasnarkotica (Stickoxydul, Acethylen, Äthylen, Propylen u. a.). B. Schlafmittel: Allgemeines, Chloralhydrat, Chloralose, bromhaltige Narkotica (bes. Avertin), Urethane, Barbitursäuren. C. Äthylalkohol und andere Alkohole. D. Theorie der Narkose.

Alles in allem stellt die Darstellung der Narkotica durch KOCHMANN in der Erstauflage von HEFFTERS Handbuch zusammen mit dem vorliegenden Ergänzungsband ein Standardwerk dar, dessen Gründlichkeit und Klarheit vorbildlich genannt werden darf.

O. EHRISMANN, Berlin.

WEIR, J., und D. LEITCH, **The zonal distribution of the non-marine lamellibranches in the coal measures of Scotland.** Transact. roy. Soc. Edinbg. Vol. LVIII, Part. III (Nr. 25) 1935—1936. London: R. Grant & Son 1936. 55 S., 15 Abbild. und 4 Tafeln. 24 cm × 31 cm. Preis geh. § 7.—.

Angeregt besonders durch die Heerlener Karbonkongresse, die sich mit den Fragen der vergleichenden Karbonstratigraphie befaßten, hat die wissenschaftliche Erforschung der Steinkohlenformation große Fortschritte gemacht. Die Vereinheitlichung der Benennung der großen Abteilungen dieser ökonomisch wichtigsten geologischen Formation ist ein großes Verdienst dieser Kongresse. Die Methoden, durch die die Erfolge erreicht wurden, sind wesentlich die der Paläontologie. Die fossilen Faunen und Floren geben die wissenschaftlichen Handhaben zur Durchführung dieser Aufgabe. Der erste der genannten Kongresse fand 1927 statt, der zweite 1935, der von noch mehr Nationen beschickt war als der erste. Auch die vorliegende Arbeit über das schottische Karbon und dessen Süßwassermuscheln fällt in den Rahmen der zahlreichen Arbeiten auf diesem Gebiete. Die Hauptrolle als Leitfossilien spielen für die westlichen Steinkohlenreviere die Meerestiere der marinen Einflutungen in den Steinkohlenschichten, daneben aber auch die Steinkohlenpflanzen. Weniger beachtet wurden, weil weniger ausgiebig in ihrer Bedeutung für diese Fragen, die Süßwassermuscheln, die sich in gewissen Lagen der Steinkohlenablagerungen ebenfalls zahlreich finden, leider oft in schlechter Erhaltung. Während bei uns diese Fossilien wenig geschätzt wurden, haben sie in England und Frankreich größere Beachtung gefunden. Namentlich TRUEMAN in Wales und Bristol hat dieses Gebiet kultiviert, und die vorliegende Arbeit bringt nun Untersuchungen aus dem schottischen Karbon. Diese stellen insofern eine wichtige Ergänzung zu den Untersuchungen in Süd-Wales dar, als in Schottland die älteren Schichten des Karbons eine mächtigere Ausbildung erfahren haben. Die Untersuchungen erstrecken sich auf verschiedene Teile der großen schottischen Becken, das Hauptbecken (CLYDE), das Ayrshire-Kohlenfeld, dasjenige in der Grafschaft Fife und in Midlothian. Die Untersuchungen in den Einzelbecken werden dann miteinander verglichen und im ganzen eine gute Übereinstimmung der Fossilhorizonte und eine solche mit den Verhältnissen in Wales festgestellt. Damit im Zusammenhang steht auch die Möglichkeit, die Kohlenflöze, die die einzelnen Muschelbänke begleiten, miteinander zeitlich zu vergleichen. Die Untersuchungen erstrecken sich nach oben bis zu Horizonten, die etwa unserem Ruhrflöz Ägir der Gasflammkohle entsprechen („Skipseys marine band" in Schottland); die höheren Schichten, die in Wales sehr stark entwickelt sind, fehlen im ganzen in Schottland. Demgemäß sind in Schottland von unten nach oben die Zonen der Carbonicola ovalis, der Anthracomya modiolaris und der untere Teil der Zone der Carbonic. similis und Anthrac. pulchra vertreten. Die einzelnen Formen der Muscheln sind in den Abbildungen dargestellt und kritische Arten genauer besprochen. Es ist zu hoffen, daß auch bei uns die Erforschung der Süßwassermuscheln der Steinkohlenformation noch weitere Förderung erfährt, nachdem besonders die Arbeit von WEHRLI in Köln dazu versprechende Anläufe gemacht hat. Es scheint allerdings, daß bei uns diese Muscheln dauernd an Bedeutung gegen die marine Fauna und die Pflanzenfossilien zurücktreten werden.

W. GOTHAN, Berlin.

KIRCHHEIMER, FR., **Grundzüge einer Pflanzenkunde der deutschen Braunkohlen.** Halle a. d. S.: Wilhelm Knapp 1937. 153 S. und 117 Abbild. 16 cm × 23 cm. Preis geh. RM 7.50, geb. RM 8.70.

Die Braunkohlenflora hat in der neueren Zeit infolge zahlreicher Neufunde wieder besondere Beachtung gefunden, auch wegen der geologischen Fragen, die damit zusammenhängen. Der Verf. hat selbst sehr aktiv an der Bearbeitung des Stoffes teilgenommen und besonders durch seine Untersuchungen über die Früchte aus der Braunkohle und deren Begleitschichten viel neues Licht in die Geheimnisse der deutschen Braunkohlenpflanzenwelt gebracht. In diesem Buch faßt er nun zusammen, was wir von der Braunkohlenflora Deutschlands wissen. Er betrachtet zunächst die Art des Vorkommens und der Erhaltung der Pflanzenreste in der Braunkohle, teilt etwas über die Anatomie der Hölzer, der Koniferen-, Laub- und Palmenhölzer mit, und widmet dann einige Auslassungen dem Vorkommen der Früchte, Samen, Pollen und Sporen, Blatthäute usw. Dieses Kapitel zeigt auch für den Fernerstehenden recht deutlich, in welcher vielfältigen Art die einzelnen Teile der Pflanzen in der Braunkohle erhalten sind und wie die Erhaltung dieser einzelnen Teile jeweils besondere Präparationsmethoden erfordert, wie sich der Forscher die einzelnen Teile der Pflanze schließlich erst zu dem Bilde einer ganzen Pflanze und gar der Vegetation selbst mühsam zusammen konstruieren muß, was durchaus nicht immer möglich ist. Der Hauptteil des Buches gilt dann einer kurzen Darstellung der Art und Natur der bekanntgewordenen Pflanzen, die in systematischer Reihe wie im botanischen System aufgeführt werden. Es fehlt nicht an niedersten und niederen Organismen, wie Bakterien, Kieselalgen und noch weniger an Spuren der Pilze, die allerdings meist in Form mikroskopischer Reste als Schädiger der damaligen Pflanzen gefunden werden. Auch Flechten und Moose, unter denen merkwürdigerweise auch die Torfmoose nicht fehlen, fehlen nicht. Die Farne und farnartigen Gewächse sind zwar vertreten, spielen aber ebenfalls nur eine geringe Rolle gegenüber den höheren Gewächsen. Über die Gymnospermen der Braunkohle ist allmählich ziemlich viel bekanntgeworden; neben Ginkgo spielen auch die verschiedenen Koniferen eine große Rolle, vor allem die Abietineen und Taxodieen (Sumpfzypressenfamilie) sowie auch die echten Zypressengewächse. Von den Monokotylen haben sicher die Palmen in neuerer Zeit das meiste Interesse beansprucht, deren Verbreitung sich als viel größer herausgestellt hat, als man früher annahm. Bei den Dikotylen berücksichtigt Verf. nach Möglichkeit Blätter, Früchte

und Pollen und kann von manchen Formen diese verschiedenen Organe von derselben Gattung oder Art darstellen. Für die Früchte spielen seine eignen Arbeiten eine große Rolle, die zahlreiche rätselhafte Funde aufgeklärt haben und die Beteiligung von tropischen Familien nachgewiesen haben, von denen man bisher namentlich in der jüngeren Braunkohle wenig oder nichts wußte. Wir können auf die sehr zahlreichen Einzelheiten nicht eingehen. Der Leser, der frühere Zusammenfassungen über den Gegenstand mit den vorliegenden vergleicht, muß den gewaltigen Fortschritt erkennen, auch ohne gerade Fachmann zu sein. Der letzte Teil befaßt sich mit dem geologischen Alter der Braunkohlenlager, von denen es eozäne, oligozäne, miozäne und pliozäne gibt, also fast durch die ganze Tertiärformation hindurch; dabei rechnet er die Braunkohlen des Niederrheins, der Lausitz usw. definitiv zum Oberoligozän, was er schon mehrfach betont hatte; die Akten hierüber sind aber noch nicht geschlossen. Die geologische Karte nimmt noch Untermiozän an. Unter- und Oberflöz der Niederlausitz gehören organisch zusammen und entsprechen dem Hauptflöz des Niederrheins. Im Miozän fehlen die nach Verf. älteren tropischen Formen. Eine Anzahl von Braunkohlen sind im Miozän und im Pliozän ebenfalls vorhanden, aber hier untergeordnet (Wetterauer Hauptflöz). In den Schlußbemerkungen wird die Florensukzession noch einmal ganz kurz hervorgehoben. Ein reiches Literaturverzeichnis und ein über einen Bogen umfassendes Register beschließt die vortreffliche Arbeit. Das Buch ist vor allem auch für die bergbaulichen Kreise bestimmt, setzt aber für das Verständnis doch mehr botanische Kenntnisse voraus, als Verf. glaubt. Allerdings wird es wegen der vielen guten Abbildungen als Bestimmungsbuch brauchbar sein. Für die wissenschaftlichen Kreise enthält es mehr als bloße „Grundzüge"; im Gegenteil sind die wichtigsten Einzelheiten der Braunkohlenflora ziemlich ausführlich zusammengetragen und darum wird der Paläobotaniker davon mehr haben als die Bergleute. W. Gothan, Berlin.

Eine Fahrenheit-Biographie.

Eine sehr lesenswerte Schrift zweier bekannter holländischer Forscher vom van't Hoff-Laboratorium zu Utrecht[1] zeichnet endlich ein vollständigeres Bild des wissensdurstigen deutschen Physikers Fahrenheit, der bisher in den Augen der Welt nur ein einfacher Glasbläser war, wenn auch ein in seiner Kunst außerordentlich erfahrener. Denn während das Leben von Réaumur und Celsius durch ihre Zeitgenossen ausführlich geschildert worden ist, war der Lebensgang Fahrenheits bis jetzt von geheimnisvollem Dunkel umhüllt geblieben. Dem glücklichen Zusammentreffen mehrerer Umstände verdanken es die Verfasser, daß ihre Bemühungen, neue Quellen über seine Tätigkeit in Amsterdam ausfindig zu machen, wider alles Erwarten in letzter Zeit von Erfolg gekrönt wurden. In Bugges „Das Buch der großen Chemiker" wird in der Biographie von Herman Boerhaave, dem Leidener Professor, der in seinen „Elementa Chemiae" an zahlreichen Stellen lobend auf Fahrenheit zu sprechen kommt, auf die Möglichkeit hingewiesen, daß der schriftliche Nachlaß Boerhaaves noch heute vorhanden sei und sich in Leningrad befinde. Auf Anregung der Verfasser konnte jetzt der dortige bekannte Chemiehistoriker Menschutkin in den Archiven der kriegsmedizinischen Akademie zu Leningrad unter Boerhaaves Handschriften viele Briefe auffinden, unter welchen ein Briefwechsel mit Fahrenheit am wichtigsten ist. Diese Korrespondenz sowie das durch sie verursachte Aufsuchen weiterer Aktenstücke in Holland und anderen Ländern lassen eine ganze Anzahl Fragen, die seine wissenschaftlichen Arbeiten betreffen, klären und heute ein genaueres Bild vom Lebenswege dieses scharfsinnigen Naturforschers entwerfen.

Zu Danzig am 24. Mai 1686 geboren, als Sohn eines durch das in Danzig und Holland betriebene Geschäft vermögend gewordenen Kaufmanns, verlor er schon 1701 durch ein Unglück seine Eltern, indem diese in ihrem bei Danzig gelegenen Gartenhaus statt einer Arznei aus Versehen eine giftige Flüssigkeit einnahmen. Die Vormünder der 5 unmündigen Kinder, von denen Daniel das älteste war, fanden es ratsam, daß er sich gleichfalls dem Handelsstande widmete, und so mußte er, der eine besondere Lust zum Studieren hatte, nach Erlernung der Buchhaltung wider seinen Willen die Reise nach Amsterdam antreten, um dort bei einem Kaufmann bis 1706 seine Lehrzeit zu verbringen. Darauf widmete er sich mit voller Energie seinen Studien, verließ Amsterdam und fing damit seine Wanderjahre an, welche erst ihr Ende nahmen, als er sich nach langjährigem Herumreisen 1717 ständig in Amsterdam niederließ.

In dieser Zeit besuchte er, überall mit den berühmtesten Mathematikern und Naturforschern in Verbindung tretend, Dänemark (Astronom Römer in Kopenhagen), Schweden, Danzig (um 1711 von den Vormündern sein Erbteil in Empfang zu nehmen), Kurland, Livland, wieder Danzig (Mathematiker Pater), Berlin und Dresden (um in den dortigen Glashütten die Anfertigung der Röhren zu seinen mannigfaltigen Instrumenten, wie Thermometern, Barometern, Aräometern usw., selbst zu besorgen), Halle (Professor der Mathematik und Physik Wolff), um dann schließlich ständig nach Amsterdam überzusiedeln. Hier in Holland pflegte er innigen Verkehr und ungetrübte Freundschaft mit Boerhaave, den Physikern Willem Jacob's Gravesande und Petrus van Musschenbroek sowie anderen hervorragenden Gelehrten. Näher bekannt wurde er auch mit dem schwedischen Botaniker Carl Linné, der sich von 1735—1738 in Holland aufhielt.

Möglich ist es, daß er während der Jahre 1717—1736 mehrmals ins Ausland verreiste, sicher indessen nur, daß er 1724 eine Reise nach England machte, wo er am 23. und 30. April 2 Vorträge vor der Royal Society in London hielt und am 7. Mai zum Mitglied dieser Gesellschaft gewählt wurde. Im selben Jahre erschienen auch von ihm in ihren Transactions 5 Abhandlungen in lateinischer Sprache (ins Deutsche übertragen in Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften): Untersuchungen über den Siedepunkt einiger Flüssigkeiten; Versuche und Beobachtungen über das Gefrieren des Wassers im luftleeren Raum; Dichten einiger Substanzen zu verschiedenen Zeiten zu verschiedenen Zwecken bestimmt; Beschreibung und Gebrauch eines neuen Aräometers; Beschreibung eines neuen Barometers (Hypsobarometers). In der zweiten beschreibt er seine für die Thermometrie so wichtige Entdeckung des unterkühlten Wassers.

[1] Ernst Cohen u. W. A. T. Cohen-de Meester, Daniel Gabriel Fahrenheit. (Verhandelingen der koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam, Afdeeling Natuurkunde, Eerste Sectie, Deel XVI, No. 2.) Amsterdam: N. V. Noord-Hollandsche Uitgevers-Maatschappij 1936. 37 S. 18 cm × 26 cm.

Es sei noch erwähnt, daß er unverheiratet geblieben ist, nachdem sich 1729 eine Liebschaft mit einem reichen Fräulein durch Ränkeschmieden von dritter Seite zerschlagen hatte. Als er zur Anmeldung des Patents seiner Wasserrohrmühle im September 1736 nach dem Haag gereist war, erkrankte er in einem dortigen Gasthaus, machte am 7. und 11. sein Testament vor einem Notar und verschied am 16. September 1736 (also vor gerade 200 Jahren). 4 Tage später wurde seine sterbliche Hülle in der Klosterkirche zu Haag in dem Gewölbe unter dem Chor beigesetzt. Aus hinterlassenen Dokumenten und zuverlässigen Daten wird ersichtlich, daß er bei seinem Tode unbemittelt war; wie man annehmen muß, hat er, der von Haus aus ein wohlhabender Mann war und durch den Verkauf der von ihm selbst angefertigten, von den Forschern so vielfach gelobten Instrumente, also durch seiner Hände Arbeit sein tägliches Brot erwarb, sein Vermögen darauf verwendet, die sämtlichen bei seinen Experimentalvorlesungen benutzten Apparate auf seine Kosten herstellen zu lassen und um seine Wassermaschine weiter zu vervollkommnen, mittels welcher sich unter geringem Kostenaufwand Wasser in großem Maßstabe befördern lassen sollte, z. B. um das stinkende Wasser aus den bekanntlich übelriechenden Amsterdamer Grachten zu entfernen und in ihnen eine Strömung des Wassers zu erzeugen.

Die wichtigste Frage ist wohl die nach der Entstehung der Fahrenheitschen Thermometerskala, worüber man bisher nichts Sicheres auszusagen wußte. Nun hat er selbst in einem Briefe vom 17. April 1729 an Boerhaave diesem ausführlich auseinandergesetzt, wie er dazu gekommen sei, sich mit der Verbesserung der damals bekannten Thermometer zu befassen. Als er im Jahre 1708 eines schönen Morgens einmal zu dem trefflichen Römer in Kopenhagen kam, hatte dieser einige Thermometer in einem Brei von Wasser und Eis stehen, die alsdann in blutwarmes Wasser getaucht wurden. Nachdem er diese beiden Grenzen auf sämtlichen Thermometern angegeben hatte, wurde die Hälfte des gefundenen Abstandes noch unterhalb des Eispunktes zugefügt und der ganze Abstand in $22^1/_2$ Teile geteilt, unten anfangend mit 0, sodann $7^1/_2$ Grad für den Eispunkt und $22^1/_2$ Grad für die Blutwärme; diese Teilung konnte weiter nach oben und unten fortgesetzt werden. Die Bluttemperatur zu 35,6° Celsius angenommen, ist demnach der Temperaturbereich 15 Grade Römer gleich 35,6 Graden Celsius.

Diese Teilung gebrauchte dann auch Fahrenheit bis zum Jahre 1717 nur mit dem Unterschiede, daß er jeden Grad noch in 4 kleinere teilte, so daß sich der Eispunkt zu 30, der Blutpunkt zu 90 Grad ergab. In diesem Jahre entschloß er sich aber, die Skala zu ändern und statt 90 von jetzt ab stets die Zahl 96 zu verwenden, also den Eispunkt gleich 32, den Blutpunkt gleich 96 zu setzen. So ergibt sich der Siedepunkt zu 212° Fahrenheit, und der Fundamentalabstand zwischen den beiden Fixpunkten umfaßt 180 Grade Fahrenheit gleich 100 Graden Celsius. Demgemäß sind die vielfachen Angaben, er wollte den Gebrauch negativer Grade vermeiden und habe deshalb als Nullpunkt die Temperatur einer künstlichen Kältemischung gewählt, als unrichtig zu bezeichnen. Dagegen ist es wahr, daß Boerhaave in seinem Kolleg in begeisterten Worten über die neuesten Versuche von Fahrenheit zur künstlichen Erzeugung tiefer Temperaturen mittels Eises und Salpetersäure berichtete. Somit ist nunmehr völlig aufgeklärt, welchen Einfluß der dänische Astronom Römer auf die Fahrenheitschen thermometrischen Untersuchungen ausgeübt hat.

Hohes Ansehen in den Niederlanden erwarb sich Fahrenheit auch durch seine öffentlichen wissenschaftlichen Vorträge über Physik, die er bereits seit 1718 begeistert zu halten pflegte, weil zu jener Zeit die Naturwissenschaften in Amsterdam von den dort lehrenden Professoren noch nicht doziert wurden. Durch Versendung von Prospekten forderte er zu seinen Vorlesungen auf, welche jeder nach Zahlung eines entsprechenden Honorars besuchen konnte und die sich eines großen Zulaufs erfreuten, weil er seine Hörer durch gut gewählte Experimente zu fesseln wußte. Von derartigen Ankündigungen sind solche über Mechanik, Statik, Hydrostatik, Optik und Chemie unter Angabe ihrer eingehenden Dispositionen noch erhalten, desgleichen auch ein ausführliches und mit großer Sorgfalt bearbeitetes Kollegienheft seiner Vorträge über Optik, Dioptrik und Spiegelkunde, sowie über Hydrostatik und Scheidekunst. Diese seine Vorlesungen waren sehr geschätzt, was wohl schon die Tatsache beweist, daß sie während wenigstens 12 Jahren fortgesetzt wurden. Bei all seinen Untersuchungen war er bestrebt, wenn auch nicht alle so doch die wichtigsten und allgemeinsten darin vorkommenden Erscheinungen „mathematisch zu berechnen und argumentieren".

Sehr ausführlich beschreibt er in einem nicht datierten Briefe seine auf Boerhaaves Anregung ausgeführte Untersuchung über den Einfluß der Temperatur auf das Leben des tierischen Organismus. Zu dem Zweck wurden ein Spatz, eine Katze und ein Hund in Einzelkäfigen in einen 63° Celsius heißen Ofen der Zuckerraffinerie gesteckt und an ihnen Beobachtungen und Messungen angestellt bis zu ihrem Ableben, was natürlich mit großer Tierquälerei verbunden war. Aber Boerhaave berichtet über diese Versuche mit größter Anerkennung in seinen Elementa Chemiae.

Es wurden Quecksilber- und Alkoholthermometer von Fahrenheit geliefert. Vielfach findet sich in der Literatur die Bemerkung, er habe stets ein geheimnisvolles Stillschweigen über das Verfahren gewahrt, nach welchem er das Quecksilber für seine Thermometer und Barometer reinigte. Das ist indessen nicht zutreffend, denn er hat bereits in einer Abhandlung vom 18. Februar 1723 „Über einige Sachen, welche bei der Herstellung von Barometern zu beachten sind," in der Zeitschrift Kabinet der Natuurlijke Historien, Wetenschappen, Konsten en Handwerken der Reinheit des Quecksilbers einen besonderen Abschnitt gewidmet. Die Trennung des Quecksilbers von seinen metallischen Verunreinigungen nahm er durch Destillation in einer Retorte über Feuer vor.

Somit kommt dieser literarische Beitrag der Verfasser zu dem Ergebnis, daß Fahrenheit als vorzüglicher Meister im Glasblasen vor der Lampe sowie als tüchtiger Naturforscher in Amsterdam ein angesehenes und recht nützliches Dasein führte, in welchem neben seinem eigentlichen Berufe der Herstellung von Thermometern, Barometern und Aräometern das Studium zur Verbesserung dieser Instrumente, sowie das Halten von Vorträgen und im Zusammenhang damit das Experimentieren auf mancherlei Gebieten die Hauptrolle spielten.

Von den 13 Abbildungen bringen 9 Bildnisse zeitgenössischer Gelehrter, 2 die Photographien zweier Fahrenheitschen Thermometer, die sich noch heute im Museum zu Leiden befinden, eine zeigt einen Glasbläsertisch zu damaligen Zeiten und eine das Faksimile eines von Fahrenheit geschriebenen Briefes. Da Fahrenheit in seinem zweiten Vaterlande Holland niemals ein öffentliches Amt bekleidet hat, so dürfte es dieser Tatsache zuzuschreiben sein, daß ein Bildnis von ihm nirgends aufzufinden ist. O. Schönrock.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Fritz Süffert, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.

Chemische Ingenieur-Technik

Unter Mitwirkung zahlreicher Fachgelehrter

herausgegeben von

Ing.-Chem. Dr. phil. **Ernst Berl**

Professor am Carnegie Institute of Technology, Pittsburgh (USA.)

Drei Bände

Mit insgesamt 1862 Textabbildungen und rund 2300 Seiten

Der Kauf eines Bandes verpflichtet zur Abnahme des ganzen Werkes

Erster Band. Mit 700 Textabbildungen und einer Tafel. XXIV, 874 Seiten. 1935. Gebunden RM 120.—

Zweiter Band. Mit 699 Textabbildungen und einer Tafel. XVI, 795 Seiten. 1935. Gebunden RM 110.—

Dritter Band. Mit 463 Textabbildungen. XVI, 580 Seiten. 1935. Gebunden RM 80.—

Inhaltsübersicht:

Erster Band: Praktisch-mathematische Grundlagen. Von A. Walther, Darmstadt. — Thermodynamik, Gleichgewichts- und Geschwindigkeitslehre. — Die Katalyse. Von H. Mark, Wien. — Phasenlehre. Von E. Jänecke, Heidelberg. — Vorgänge bei der Verbrennung, Spaltung und Bildung von Brennstoffen. Von K. Winnacker, Frankfurt a. M.-Höchst, und E. Berl, Pittsburgh. — Anwendungsgebiete der Elektrotechnik. Von W. Speidel, Halle a. S. — Werkstoffe für die chemische Ingenieurtechnik. Von A. Thum und H. Holdt, Darmstadt. — Technische Meß- und Regelverfahren. Von A. Ernst und C. Hilburg, Ludwigshafen a. Rh. — Namen- und Sachverzeichnis.

Zweiter Band: Aufbau von Anlagen. Von K. Thormann, Breslau. — Energiewirtschaft. Von W. Speidel, Halle a. S., und R. Kranz, Mannheim. — Wärmeübertragung. Von E. Hegelmann, Ludwigshafen a. Rh. — Feuerungen und Dampfkesselwirtschaft. Von E. Richter, Wuppertal-Elberfeld. — Reinigung, Enthärtung und Entgasung von Fabrikationswasser. Abwasserreinigung. Von E. Berl, Pittsburgh, und R. Bemmann, Darmstadt. — Kältetechnik. Von M. Gompertz, Berlin. — Verdichtung und Förderung von Luft und Gasen. Von H. Haehndel, Berlin. — Förderung von Flüssigkeiten, besonders von Säuren und Laugen. Von E. Wisotzky, Berlin. — Fördern fester Stoffe. — Speichern. Von K. Thormann, Breslau. — Trocknung. Von A. Römer, Hersfeld, und L. C. Simon, Ludwigshafen a. Rh. — Industrielle Öfen. — Elektroöfen. Von K. Thormann, Breslau. — Namen- und Sachverzeichnis.

Dritter Band: Zerkleinerung. Von C. Mittag, Magdeburg-Buckau. — Sieben und Sichten. Von K. Thormann, Breslau. — Abklärvorgänge, hydraulische Trennung (Sedimentation. Dekantation, hydraulische Separation). Von E. Hegelmann, Ludwigshafen a. Rh. — Allgemeine Erzaufbereitung. Von H. Schranz, Magdeburg. — Schwimmaufbereitung (Flotation). Von H. Schranz, Mageburg, E. Berl, Pittsburgh, und B. Schmitt, Ludwigshafen a. Rh. — Rühren. — Mischen. — Kneten. Extrahieren. Von K. Thormann, Breslau. — Krystallisieren. — Schleudern (Zentrifugieren). — Filtrieren. — Auspressen flüssigkeitshaltiger Massen. Von E. Hegelmann, Ludwigshafen a. Rh. — Pressen. — Schmelzen. — Sublimieren. Von K. Thormann, Breslau. — Verdampfen. Von E. Hegelmann, Ludwigshafen a. Rh. — Destillieren und Rektifizieren. Von K. Thormann, Breslau. — Tieftemperaturtechnik. Von M. Gompertz, Berlin. — Trennung von Gasen und Dämpfen durch Auswaschung (Gaswaschung). Von E. Hegelmann, Ludwigshafen a. Rh. — Gewinnung und Wiedergewinnung flüchtiger Lösungsmittel. — Trocknung von Gasen. — Reinigung von Gasen. — Entfärbung von Flüssigkeiten. Von E. Berl, Pittsburgh, und R. Bemmann, Darmstadt. — Zerkleinerungs-Chemie (Kolloidchemie der Trübungen mit Berücksichtigung der Zerkleinerung). Von A. Chwala, Wien. — Namen- und Sachverzeichnis.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

Soeben erschien:

Physik

Ein Lehrbuch

Von

Dr. **Wilhelm H. Westphal**

a. o. Professor der Physik an der Technischen Hochschule Berlin

Vierte Auflage

Mit 619 Abbildungen. VII, 625 Seiten. 1937. Gebunden RM 19.80

Inhaltsverzeichnis:

Einleitung. — **I. Mechanik der Massenpunkte und der starren Körper:** Bewegungslehre. Die Lehre von den Kräften. Die allgemeine Gravitation. — **II. Mechanik der nichtstarren Körper:** Die Materie. Die Elastizität der festen Stoffe. Mechanik ruhender Flüssigkeiten, ruhender Gase, bewegter Flüssigkeiten und Gase. Schwingungen und Wellen, Akustik. — **III. Wärmelehre:** Das Wesen der Wärme. Zustandsgleichungen. Wärmeenergie. Änderungen des Aggregatzustandes. Lösungen. Die drei Hauptsätze der Wärmelehre. Wärme und Arbeit. — **IV. Elektrostatik.** — **V. Elektrische Ströme:** Elektrische Ströme in festen Leitern, in flüssigen Leitern, in Gasen. — **VI. Magnetismus und Elektrodynamik:** Magnetische Felder im Vakuum. Die magnetischen Eigenschaften der Stoffe. Elektromagnetische Geräte und Maschinen. Wechselstrom. Elektrische Schwingungen und Wellen. — **VII. Optik und allgemeine Strahlungslehre:** Das Wesen des Lichtes. Lichtmessung. Geometrische Optik. Wellenoptik. Das elektromagnetische Spektrum. Temperaturstrahlung und Lumineszenz. — **VIII. Relativitätstheorie.** — **IX. Quantentheorie. Atome und Moleküle. Kristalle:** Quantentheorie des Lichtes. Quantentheorie der Atome und Moleküle. Quantenmechanik. Atomkerne. Positronen. Neutronen. Ultrastrahlung. Kristalle. — Schlußwort. — Namen- und Sachverzeichnis.

Das Westphalsche Lehrbuch hat es in verhältnismäßig kurzer Zeit bereits auf vier Auflagen gebracht, sicher ein Zeichen für seinen Erfolg. Eine einbändige knappe und prägnante Darstellung der Physik wie die vorliegende, die unter Berücksichtigung der modernen Vorstellungen das große Gebiet in zuverlässiger Weise behandelt, wird jeder, der sich bei der heutigen weitgehenden Spezialisierung einen Überblick über das Gesamtgebiet verschaffen will, freudig begrüßen.

Die neue Auflage ist einer tiefgehenden Umarbeitung und Verbesserung unterzogen worden. In großen Teilen ist ein ganz neues Buch entstanden. Dem Verfasser lag daran, ohne nennenswerte Vergrößerung des Umfanges durch eine knappere und dennoch leicht faßliche Darstellung Raum für eine wesentliche Vermehrung des mitgeteilten Stoffes zu gewinnen.

Die gründlichste Wandlung hat der erste Teil des Buches erfahren. Das erste und zweite Kapitel ist fast völlig neu geschrieben. Dabei hat die Mechanik der Massenpunkte und der starren Körper eine ganz neue Darstellung gefunden. Für die Einführung in die Mechanik ist von dem Hilfsmittel des Vektorbegriffs Gebrauch gemacht worden. Dabei ist eine Kenntnis der eigentlichen Vektorrechnung unnötig. Es wird vom Leser nicht mehr erwartet, als daß er die wirklich höchst einfachen Begriffe des vektoriellen und des skalaren Produkts zur Kenntnis nimmt. Auf dieser Grundlage konnte dann auch die Darstellung der Elektrodynamik (6. Kapitel) an vielen Stellen verbessert und vereinfacht werden. Die grundlegenden Fortschritte der Quanten- und Kernphysik in den letzten Jahren machten es notwendig, auch das 9. Kapitel vollständig neu zu schreiben. Neu ist ferner u. a. eine kurze Darstellung der Systematik der Kristalle. Aber auch in den übrigen Kapiteln wurden große Teile neu abgefaßt, und zahlreiche Abbildungen kamen neu hinzu.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder angezeigten Bücher sind durch alle Buchhandlungen zu beziehen.

Verlag von Julius Springer in Berlin / Verantwortlich für den Anzeigenteil Albert Meyer in Berlin-Steglitz, Kühlebornweg 5.
Druck der Spamer A.-G. in Leipzig / DA. I. Vj. 3192 — Pl. 4 / Printed in Germany.